Journal of Agricultural Machinery

Homepage: https://jame.ac.ir

Review Article
Vol. 12, No. 3, Fall 2022, p. 423-451

Analysis and Evaluation of Energy, Economic, and Environmental Impact Indicators of Horticultural and Greenhouse Production Systems in Iran using PRISMA Method

M. Zangeneh[1*], N. Banaeian[1]

1- Assistant Professor, Department of Biosystems Engineering, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran
(*- Corresponding Author Email: zanganeh@guilan.ac.ir)

DOI: 10.22067/jam.2021.67892.1004

Received: 22-12-2020 Revised: 16-03-2021 Accepted: 20-04-2021 Available Online: 24-04-2021	**How to cite this article:** Zangeneh, M., and N. Banaeian. 2022. Analysis and Evaluation of Energy, Economic, and Environmental Impact Indicators of Horticultural and Greenhouse Production Systems in Iran using PRISMA Method. Journal of Agricultural Machinery 12 (3): 423-426. (In Persian). DOI: 10.22067/jam.2021.67892.1004

Introduction

So far, many studies have been conducted to evaluate the impact of input consumption patterns on energy, economic, and environmental indicators on horticultural and greenhouse crops in Iran. A review of these studies shows that the causes of the current situation in the systems have not been investigated. These studies are mostly reporting the current situation and the interventions and their effect on improving the input consumption pattern in the sustainability of the system have not been considered by researchers. Also, studies showed that the study location and products do not fit well with the volume of production in the horticultural and greenhouse sector of Iran. Therefore, in order to increase the effectiveness and future direction of studies in this field, this review study was conducted. In this article, Iranian horticultural and greenhouse production systems were reviewed and analyzed by reviewing the published articles between 2008 and 2018, using the PRISMA method. The PRISMA method is a well-known method for conducting systematic review studies. The PRISMA method includes the following sections: background; objectives; data sources; study eligibility criteria, participants, and interventions; study appraisal and synthesis methods; results; limitations; conclusions, and implications of key findings. In this article, 16 types of garden products and 6 types of greenhouse products were studied.

Material and Methods

In this study, the methods used to determine the status of energy consumption, economic and environmental patterns for horticultural and greenhouse crops were analyzed. For this purpose, the indicators of total energy consumption (TEI), energy efficiency (EUE), net energy (NE), and energy efficiency (EP) were examined in the section of energy. The issue of sensitivity analysis of energy inputs was also examined and the highest values of t-statistic and MPP were reported for products. In some articles, the data envelopment analysis method was used in systems performance analysis. The indicators used included technical efficiency (TE), pure technical efficiency (PTE), scale efficiency (SE), and energy-saving target ratio (ESTR). The results of them were summarized and reported. In some studies, the method of artificial neural networks and the Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System were used. In general, in the present article, the challenges and risks in the methods used in previous studies were considered. The issue of sampling in the analysis of agricultural systems was discussed in detail and a new sampling procedure was proposed. To draw a general picture of energy and environmental indicators of orchard and greenhouse systems in Iran, the results published in the articles were reviewed. Not all researchers use the same equivalents in calculating the indices, and this makes the results of the studies slightly different from each other. The existence of such differences causes some deviations in comparing the results of similar articles in the same products. However, to adjust for these differences, averaging was used in the index report.

Results and Discussion

The study of the share of inputs in the total energy consumption shows that for horticultural products, the share of fertilizer and electricity inputs is very significant. In the case of greenhouse products, fuel input, which is mainly diesel, has the largest share of energy consumption. Walnuts have the lowest energy consumption and strawberries have the highest energy consumption among orchard products. Grapes, apples, and walnuts also have positive net energy, so they have the highest energy efficiency compared to other products. The most important inputs that have the greatest potential for energy savings in most products are diesel fuel and

electricity. Among greenhouse crops in cucumber production, diesel fuel has great potential for energy savings that need to be reduced in future research. In the case of strawberry and rose products, electricity input has the greatest potential for energy savings. Knowing the potential of inputs that can be saved can be effective in changing the behavior of producers.

Conclusion

To increase the effectiveness of research in this area, such studies should be done dynamically and for at least two or more years. In the first year, the input consumption pattern should be extracted and after performing the consumption pattern modifying interventions, the effect of these actions should be evaluated in the following years. Data envelopment analysis methods and multi-objective genetic algorithm can be well used to develop solutions to improve input consumption patterns. The review of articles showed that the study of the effect of social factors on the behavior of various production systems has been neglected. Since the pattern of energy consumption in the agricultural sector is significantly dependent on the behavior of users and the characteristics of systems and methods of production, it seems necessary to pay attention to this factor to prepare and design any process improvement strategy in the system. In this study, a new procedure including three stages of analysis, redesign, and evaluation was proposed to complete the studies related to the analysis of agricultural systems.

Keywords: Crop production systems, Economic indicators, Energy consumption pattern, Environmental emissions, Sustainable agriculture

نشریه ماشین‌های کشاورزی
https://jame.um.ac.ir

مقاله مروری
جلد ۱۲، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۱، ص ۴۵۱-۴۲۳

تحلیل و ارزیابی شاخص‌های انرژی، اقتصادی و اثرات زیست‌محیطی سامانه‌های تولید محصولات باغی و گلخانه‌ای در ایران با استفاده از روش PRISMA

مرتضی زنگنه[۱*]، نرگس بنائیان[۱]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۰۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۱/۳۱

چکیده

تاکنون مطالعات زیادی در زمینه ارزیابی تأثیر الگوی مصرف نهاده در شاخص‌های انرژی، اقتصادی و اثرات زیست‌محیطی در محصولات باغی و گلخانه‌ای ایران انجام‌شده است. این مطالعات بیشتر جنبه گزارش وضعیت موجود را داشته و اقدامات مداخله‌ای و بررسی اثر آن‌ها در بهبود الگوی مصرف نهاده در میزان پایداری سامانه مدنظر محققان قرار نگرفته است. لذا به‌منظور افزایش اثربخشی و جهت‌دهی مناسب به مطالعات در این زمینه، این مطالعه مروری انجام شد. در این مقاله، سامانه‌های تولید محصولات باغی و گلخانه‌ای ایران از طریق مرور مقالات منتشرشده بین سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۸، با استفاده از روش پریسما، تعداد ۶۳ مقاله به‌صورت سامانمند انتخاب شد و مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت. به‌طورکلی در مقاله حاضر، چالش‌ها و ریسک‌های موجود در روش‌های استفاده‌شده در مطالعات پیشین موردتوجه قرار گرفت. برای ترسیم یک وضعیت کلی از شاخص‌های انرژی و زیست‌محیطی سامانه‌های باغی و گلخانه‌ای ایران، نتایج منتشرشده در مقالات موردبررسی قرار گرفت. برای افزایش اثربخشی تحقیقات در این بخش، این‌گونه مطالعات بهتر است به‌صورت پویا و حداقل دو یا چندساله انجام شود. بررسی مقالات نشان داد که مطالعه تأثیر عوامل اجتماعی در رفتار انواع سامانه‌های تولید مغفول مانده است. ازآن‌جایی‌که الگوی مصرف انرژی در بخش کشاورزی تا حد قابل‌توجهی تابع رفتار بهره‌برداران و مشخصات سامانه‌ها و روش‌های تولید محصول است، به‌نظر می‌رسد توجه به این عامل برای آماده‌سازی و طراحی هرگونه راهکار بهبود فرآیند در سامانه ضروری است. در این مطالعه همچنین برای تکمیل مطالعات مربوط به تحلیل سامانه‌های کشاورزی یک رویه جدید شامل سه مرحله تحلیل، بازطراحی و ارزیابی مطرح شد.

واژه‌های کلیدی: الگوی مصرف انرژی، انتشارات زیست‌محیطی، سامانه‌های تولید محصول، شاخص‌های اقتصادی، کشاورزی پایدار

مقدمه

جمعیت جهان به‌صورت پیوسته در حال افزایش است و استفاده مداوم از منابع تجدیدناپذیر برای تولیدات کشاورزی امنیت غذایی جهان را تهدید می‌کند (Shabanzadeh *et al.*, 2017). کشاورزی ایران سهم مهی در اقتصاد کشور دارد و ضامن امنیت غذایی آن است. اما در مقابل، میزان مصرف نهاده‌های مختلف در این بخش به حدی لجام‌گسیخته است که در صورت عدم مدیریت بهینه، امنیت انرژی در این بخش را به خطر می‌اندازد. به دلیل گستردگی تولیدات کشاورزی در سراسر کشور، الگوی غیربهینه در مصرف نهاده‌ها باعث ایجاد مخاطرات زیست‌محیطی می‌شود. محدودیت در منابع انرژی از یک طرف و افزایش تقاضای انرژی برای تولید محصولات بخش کشاورزی در پاسخ به تقاضای روزافزون جمعیت باعث افزایش اهمیت مدیریت مصرف انرژی در برنامه‌ریزی‌های کلان و خرد در کشورها شده است (Mohseni *et al.*, 2019). مصرف بهینه انرژی در اکوسیستم‌های کشاورزی، امنیت انرژی در این بخش را افزایش می‌دهد، اثرات زیست‌محیطی را کاهش می‌دهد و می‌تواند این بخش را به‌سوی توسعه پایدار سوق دهد (Zahedi *et al.*, 2015). یکی از اقدامات اولیه برای مواجهه با چالش امنیت انرژی در حوزه کشاورزی، شناسایی الگوهای مصرف انرژی در سامانه‌های مختلف کشاورزی است. با شناخت الگوهای مصرف انرژی در این بخش می‌توان راهکارهای کمینه‌سازی مصرف انرژی و به‌تبع آن کاهش تبعات زیست‌محیطی تولید محصولات کشاورزی در اکوسیستم کشاورزی را توسعه داد. لزوم انجام تحقیقات کاربردی با در نظر گرفتن الگوهای

۱- استادیار گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران
(*- نویسنده مسئول: (Email: zanganeh@guilan.ac.ir
DOI: 10.22067/jam.2021.67892.1004

پایداری در بخش کشاورزی بیش‌ازپیش مورد تأکید محققان قرارگرفته است تا امکان کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی مانند گازهای گلخانه‌ای فراهم شود. اختصاص یارانه به منابع انرژی در ایران به‌ویژه برای بخش کشاورزی یکی از پایه‌های اصلی افزایش تولید در ایران است. اما قیمت حامل‌های انرژی و تخصیص یارانه به انواع نهاده‌های کشاورزی باعث شده است الگوی مصرف انرژی در بخش کشاورزی ایران به‌صورت بهینه نباشد. از سال ۱۳۸۷ مطالعات مربوط به ممیزی انرژی و استخراج الگوی مصرف انرژی در ایران آغاز شد. پس از آغاز موضوع هدفمندی یارانه‌ها در سال ۱۳۸۹، اهمیت انجام مطالعات در این حوزه بیش‌ازپیش موردتوجه قرار گرفت. آگاهی از الگوی مصرف انرژی در هر یک از محصولات کشاورزی در مناطق مختلف کشور اولین گام در مدیریت مصرف انرژی در این بخش مهم از اقتصاد کشور محسوب می‌شود. مقایسه الگوی مصرف انرژی در مزارع و باغات مختلف امکان شناسایی واحدهای موفق را میسر کرد و باعث ترغیب سایر تولیدکنندگان به بهره‌گیری از الگوهای بهینه شد. می‌توان گفت افزایش قیمت حامل‌های انرژی تأثیر معناداری در افزایش تعداد مطالعات در این حوزه داشته است.

در سال‌های اخیر مطالعات متعددی به‌منظور تحلیل سامانه‌های کشاورزی از دیدگاه، انرژی، اقتصادی و زیست‌محیطی در ایران انجام‌شده است. تعداد قابل‌توجه انتشارات در این حوزه تحقیقاتی، ضرورت انجام یک بررسی تحلیلی و همه‌جانبه در مورد ابعاد مختلف این‌گونه مطالعات را ایجاد کرده است. مطالعه روند این نوع تحقیقات در حوزه محصولات باغی و گلخانه‌ای در سال‌های اخیر در این پژوهش موردنظر قرارگرفته است. به‌طورکلی بخش‌هایی از فرآیند تحلیل سامانه[1] در مطالعات این بخش مشاهده می‌شود. مطالعات در ابتدا با استفاده از تعدادی شاخص، الگوی مصرف انرژی در محصولات مختلف را گزارش کردند (Asakereh *et al.*, 2010). به‌تدریج ابعاد دیگری از تحلیل سامانه مانند مدل‌سازی اقتصادی و مدل‌سازی انتشارات زیست‌محیطی وارد مطالعات شد (Yousefi, 2013; Nikkhah *et al.*, 2016). روش‌های مورداستفاده محققان به‌تدریج تنوع پیدا کرد و روش‌های هوش مصنوعی[2] و روش‌های تحقیق در عملیات[3] وارد این‌گونه مطالعات شد (Pahlavan *et al.*, 2012c; Soltanali *et al.*, 2017). روش انجام مطالعات در این حوزه یک سیر تکاملی را در سال‌های اخیر طی کرده است. اما چالش‌هایی پیش روی محققان در این زمینه وجود دارد که در این مطالعه مروری به آن‌ها پرداخته‌شده است. اولین سؤال تحقیق حاضر آن است که باوجود گستردگی شاخص‌ها و روش‌های مورداستفاده توسط محققان قبلی، آیا تمامی جنبه‌های سامانه‌های تولید محصولات باغی و گلخانه‌ای مورد بررسی قرارگرفته یا هنوز موضوعاتی در فرآیند تحلیل سامانه‌ها وجود دارد که مورد غفلت واقع‌شده باشد؟ با توجه به تنوع بسیار زیاد انواع سامانه‌های تولید در بخش کشاورزی، آیا استانداردهای لازم در نمونه‌گیری و داده‌برداری توسط محققان رعایت شده است؟ ازنظر فرآیند تحلیل سامانه‌ها، مطالعه وضعیت فعلی یک سامانه بدون انجام مداخلات برای بهبود یک سامانه، ناقص محسوب می‌شود. ازاین‌رو سؤال بعدی آن است که آیا در مطالعات انجام‌شده مداخلاتی در الگوی مصرف انرژی توسط محققان انجام‌شده و تأثیر آن مداخلات در بهبود الگوی مصرف انرژی، مدل اقتصادی و کاهش انتشارات زیست‌محیطی مورد بررسی قرارگرفته است؟ سؤال مهم دیگر آن است که آیا فرضیه‌سازی درباره علت شکل‌گیری الگوی مصرف انرژی در محصولات مورد مطالعه انجام‌شده است؟ آیا راهکارهای بهبوددهنده وضعیت کنونی یک سامانه در مطالعات پیشنهادشده است؟ آیا شاخص‌های اجتماعی در مطالعات این حوزه موردمطالعه قرارگرفته است؟ آیا انتخاب منطقه و محصول موردمطالعه بر اساس نیاز و ضرورت منطقه‌ای و ملی بوده است؟ در پاسخ به سؤال‌های فوق و برای ترسیم بهتر مسیر تحقیقات آینده و پیشگیری از انجام مطالعات تکراری که بعضاً در این حوزه مشاهده شده است، ضروری است اطلاعات کافی درباره پیشینه مطالعات در اختیار محقق قرار گیرد. لذا مقاله حاضر با استفاده از یک روش سامانمند یک تصویر جامع از پیشینه تحقیقات و وضعیت مصرف انرژی در محصولات باغی و گلخانه‌ای ایران در اختیار خوانندگان قرار داده است. همچنین بخش‌هایی که در تحقیقات پیشین مورد غفلت واقع‌شده در این مقاله اشاره شده است که می‌تواند در تحقیقات آتی مبنای عمل محققان قرار گیرد تا بر غنای مطالعات این حوزه بیفزاید. رویه جدیدی نیز برای تکمیل نقایص مطالعات پیشین در این مقاله معرفی‌شده است.

یک مرور سامانمند[4] درواقع یک مرور فراگیر مبتنی بر شیوه‌نامه[5] است که با محوریت یک موضوع مشخص یا یک سؤال کلیدی انجام می‌شود. این‌گونه مطالعات مروری، با استفاده از یک فرآیند قابل تکرار برای جستجو در پیشینه تحقیق و ارزیابی کیفیت مطالعات انجام‌شده صورت می‌گیرد (Cochrane, 2021). انواع مطالعات مروری سامانمند به‌طورکلی به‌صورت زیر تقسیم می‌شوند (Munn *et al.*, 2018): مرور درجه‌بندی‌شده[6]: ارزیابی اولیه از اندازه و دامنه بالقوه ادبیات تحقیق موجود، باهدف شناسایی ماهیت و میزان شواهد تحقیقاتی (معمولاً شامل تحقیقات مداوم) انجام می‌شود؛ مرور سریع[7]: ارزیابی

1- System Analysis
2- Artificial Intelligence
3- Operation Research Methods
4- Systematic Review
5- Protocol Driven Comprehensive Review
6- Scoping Review
7- Rapid Review

آنچه قبلاً در مورد یک مسئله، سیاست یا عمل شناخته‌شده است با استفاده از روش‌های بررسی سامانمند برای جستجو و ارزیابی انتقادی تحقیقات موجود؛ مرور روایی[1]: مطالعات اولیه را تلفیق می‌کند و این را از طریق توصیف و نه آمار کشف می‌کند؛ فرا تحلیل[2]: از نظر آماری نتایج مطالعات کمی را باهم ترکیب می‌کند تا تأثیر دقیق‌تری بر نتایج داشته باشد؛ روش‌های مختلط/ مطالعات مختلط[3]: به هر ترکیبی از روش‌های فوق اشاره دارد که یکی از مهم‌ترین مؤلفه‌های آن بررسی ادبیات است (معمولاً به‌طور منظم). در زمینه بررسی نیز به ترکیبی از رویکردهای بررسی اشاره دارد. به‌عنوان مثال، ترکیب تحقیقات کمی با تحقیقات کیفی یا ترکیب مطالعات کمی با مطالعات فرآیندی.

این مقاله با استفاده از روش پریسما[4] که درواقع یک الگوی استاندارد برای مطالعات مروری سامانمند است انجام‌شده است. پریسما شامل مجموعه‌ای از موارد مبتنی بر شواهد برای گزارش‌دهی در بررسی‌های سامانمند است. روش پریسما اولین بار در سال ۲۰۰۹ منتشر شد (Moher *et al.*, 2009).

در پژوهشی با استفاده از روش پریسما مقالات منتشرشده در زمینه ارزیابی شاخص‌های انرژی، اقتصادی و زیست‌محیطی در محصولات زراعی موردبررسی قرار گرفت (Banaeian *et al.*, 2020). مقاله حاضر توسط همان نویسندگان در مورد محصولات باغی و گلخانه‌ای نوشته‌شده است. روش پریسما شامل یک فهرست موارد و نمودار جریان انجام مطالعات مروری است که الگوی انجام مطالعات مروری سامانمند را برای محققان تسهیل کرده است (Moher *et al.*, 2009). شکل ۱ مراحل کلی انجام یک مطالعه مروری سامانمند با استفاده از روش پریسما را نشان می‌دهد.

مواد و روش‌ها

روش مرور مطالعات

در این مطالعه، مقالات منتشرشده در پایگاه اسکوپوس[5]، ازنظر روش‌شناسی تحقیق و همچنین تحلیل نتایج گزارش‌شده موردبررسی و تحلیل قرارگرفته است. برای جستجوی مقالات موردنظر در زمینه الگوی مصرف انرژی در سامانه‌های کشاورزی ایران از یک روش جستجوی سامانمند استفاده شد. در راهبرد جستجوی تدوین‌شده برای این مطالعه مروری، واژه‌های کلیدی پرتکرار در مقالات منتشرشده در حوزه مطالعات الگوی مصرف انرژی مورداستفاده قرار گرفت که عبارت است از: انرژی[6]، نسبت انرژی[7]، ایران، نام محصول (به‌عنوان‌مثال، توت‌فرنگی، سیب و غیره)، تحلیل اقتصادی[8]؛ بهره‌وری انرژی[9]، تجزیه‌وتحلیل انرژی[10]، انرژی ورودی[11]، محیطزیست، کارایی فنی[12]، تحلیل پوششی داده‌ها[13]، صرفه‌جویی در انرژی[14]، ارزیابی چرخه زیست[15]، عملکرد، الگوی مصرف انرژی[16]، سامانه‌های تولید محصول، انتشارات زیست‌محیطی[17]، شبکه‌های عصبی مصنوعی[18]، الگوریتم ژنتیک[19]، تجزیه‌وتحلیل حساسیت[20].

معیارهای انتخاب مطالعات

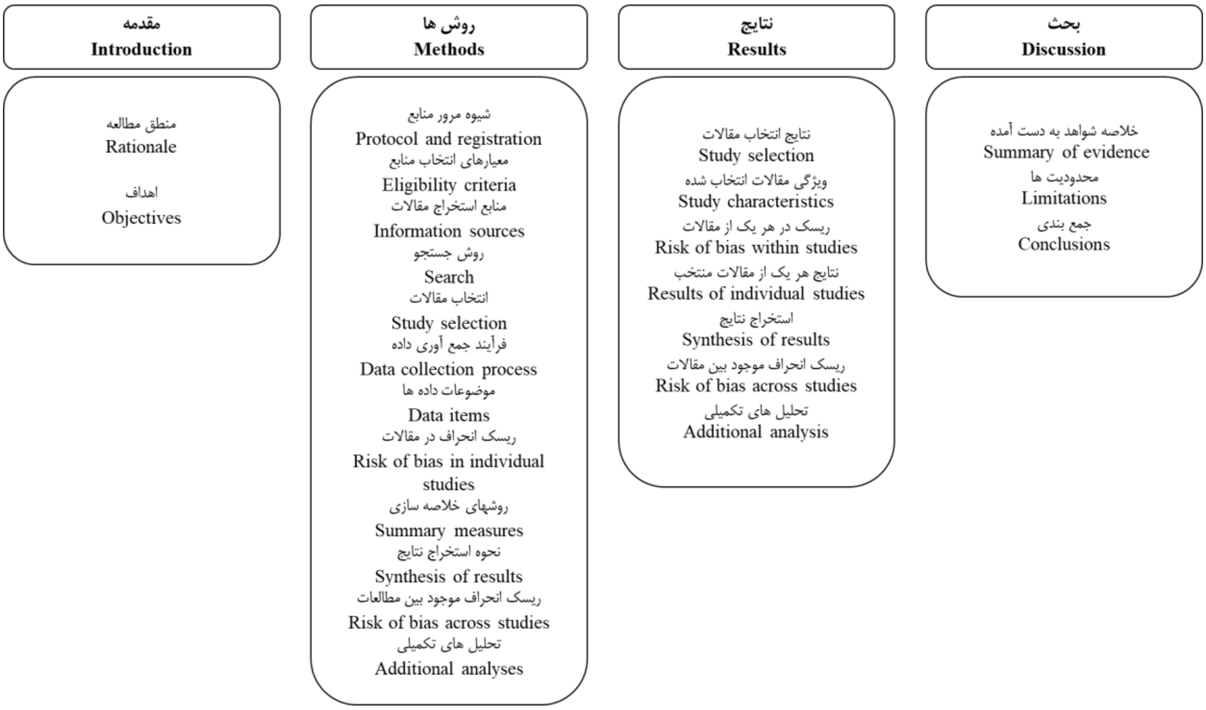
فرآیند انتخاب مقالات از چندین مرحله تشکیل‌شده است. برای انتخاب مقالات از معیارهایی استفاده‌شده که در شکل ۲ نشان داده‌شده است. این فرآیند با ارزیابی عنوان مقالات شروع شد. عنوان مقالاتی که در حوزه بررسی و تحلیل جریان انرژی، تحلیل اقتصادی و زیست‌محیطی در محصولات باغی و گلخانه‌ای بود انتخاب شد. معیار بعدی مکان انجام مطالعات بود. تمرکز این مقاله بر روی مطالعاتی است که در داخل ایران انجام‌شده است. عموماً مطالعات انجام‌شده در این حوزه به‌صورت مطالعات موردی هستند لذا یافتن مطالعات مرتبط با ایران از بین منابع متعدد چاپ‌شده در پایگاه اسکوپوس به‌خوبی انجام شد. کیفیت مجلات معیار دیگری بود که در انتخاب مقالات مدنظر قرار گرفت. بدین ترتیب تعدادی از مقالاتی که بعضاً در اسکوپوس نمایه شده بود اما در مجلات با اعتبار کمتر به چاپ رسیده بود از فرآیند انتخاب کنار گذاشته شد. دلیل این تصمیم آن است که در برخی از مقالات منتشرشده در مجلات بااعتبار کم مشاهده شد که اشکالات بعضاً غیرقابل قبولی در نتایج گزارش‌شده وجود دارد که ناشی از عدم رعایت فرآیند صحیح داوری در مسیر پذیرش و چاپ این‌گونه مجلات است. لذا برای آن‌که اطلاعات بعضاً نادرست خدشه‌ای در نتایج این مطالعه مروری وارد نکند از مرور بعضی مقالات صرف‌نظر شد. سپس چکیده و واژه‌های کلیدی موردبررسی قرار گرفت و برخی مطالعاتی که تناسبی با موضوع

1- Narative Review
2- Meta-analysis
3- Mixed methods/mixed studies
4- PRISMA
5- SCOPUS
6- Energy
7- Energy ratio
8- Economic analysis
9- Energy efficiency
10- Energy analysis
11- Input energy
12- Technical efficiency
13- Data envelopment analysis
14- Energy saving
15- Life cycle assessment
16- Energy use pattern
17- Environmental emissions
18- Artificial neural networks
19- Genetic algorithm
20- Sensitivity analysis

پژوهش حاضر نداشتند حذف شدند. مقالات یافت شده از نظر موضوع، کیفیت روش تحقیق و نتایج گزارش‌شده مورد بررسی و تحلیل قرار گرفتند.

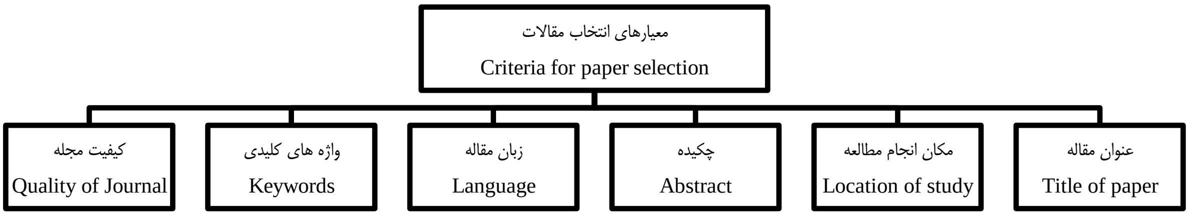
انتخاب مقالات

در پژوهش حاضر صرفاً مقالاتی که به زبان انگلیسی در مجلات معتبر بین‌المللی به چاپ رسیده‌اند مورد بررسی قرارگرفته‌اند. هرچند مقالاتی در این حوزه در مجلات علمی-پژوهشی فارسی منتشرشده است اما هدف این مقاله بررسی مقالات انتشاریافته در مجلات معتبر بین‌المللی حداقل با درجه ISI بوده است. انتشار مقالات مربوط به تحلیل سامانه‌های کشاورزی با تأکید بر تحلیل سامانه‌های انرژی از سال ۲۰۰۸ در حوزه محصولات باغی در مجلات ISI شروع شد. بررسی فراوانی مقالات در سال‌های مورد بررسی (شکل ۲) نشان می‌دهد از سال ۲۰۰۸، سیر صعودی انتشار مقالات در این حوزه تا سال ۲۰۱۱ ادامه داشت اما پس‌ازآن با فراز و فرودهایی همراه بود.



شکل ۱- مراحل انجام مطالعه مروری سامانمند با استفاده از روش PRISMA[1] (Moher *et al.*, 2009)

Fig.1. Steps of systematic review process using PRISMA method (Moher *et al.*, 2009)

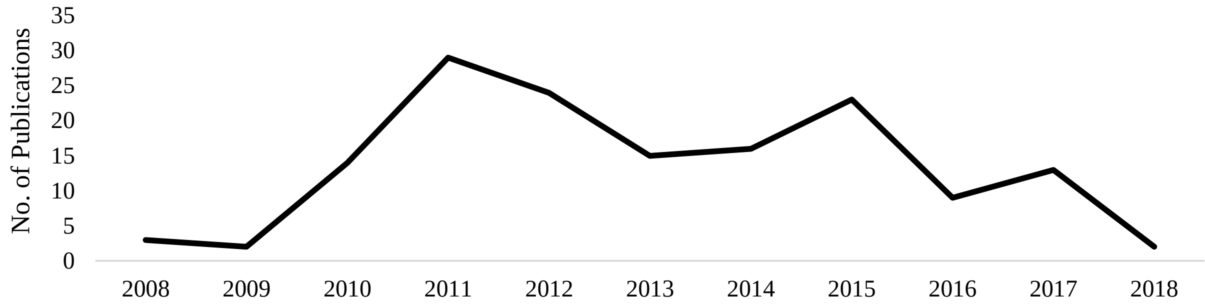


شکل ۲- معیارهای انتخاب مقالات

Fig.2. Criteria for Paper Selection

1- Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses

در سال‌های اخیر به دلیل عدم اقبال مجلات بین‌المللی به انتشار مقالات در این حوزه، تعداد مقالات انتشاریافته با کاهش محسوسی روبه‌رو بوده است. عدم تمایل مجلات بین‌المللی به چاپ مقالات محققان ایرانی در این حوزه مطالعاتی به‌صورت زیر قابل تفسیر است. بررسی مقالات منتشرشده نشان می‌دهد که میزان نوآوری مقالات در روش تحقیق مورداستفاده کم است و جذابیت کافی برای پذیرش مقالات مشابه ایجاد نمی‌کند. بررسی روش تحقیق مقالات مورد بررسی نشان می‌دهد تعداد قابل‌توجهی از محققان این حوزه با استفاده از یک روش تحقیق ثابت و صرفاً با تغییر نوع محصول و منطقه مورد مطالعه اقدام به چاپ مقالات خود در مجلات بسیار معتبر کرده‌اند. اما به‌نظر می‌رسد این‌گونه مجلات از این حیث به اشباع رسیده‌اند و دیگر تمایلی به انتشار مقالات مشابه ندارند. ازاین‌رو به نظر می‌رسد ادامه روند انتشار مقالات این حوزه ضرورت به‌کارگیری نوآوری در روش تحقیق را ایجاد کرده است. محققانی که می‌خواهند در این زمینه ورود کنند نیاز است تا جنبه‌های جامع‌تری از تحلیل سامانه‌های کشاورزی را با روش‌های تحلیلی به‌روزتر مورد مطالعه قرار دهند. در سال‌های اخیر تمایل محققان به جنبه‌های زیست‌محیطی سامانه‌های کشاورزی بیشتر شده و مقالات در این موضوع افزایش یافته است.



شکل ۳– توزیع تعداد مقالات در بازه زمانی مورد مطالعه

Fig.3. Distribution of published papers in studied period

فرآیند جمع‌آوری داده

در این مطالعه مروری، برای تحلیل نتایج گزارش‌شده در مقالات منتخب، از طریق بررسی جداول و ارقام موجود در مقالات، اطلاعات مورد نیاز استخراج شد. در گزارش شاخص‌های مختلف، چنانچه بیش از یک مطالعه در مورد یک محصول خاص وجود داشته باشند، از میانگین ارقام گزارش‌شده در مقاله حاضر استفاده‌شده است.

داده‌های مورداستفاده

برای ایجاد یک تصویر جامع از وضع الگوی مصرف انرژی در بخش باغی و گلخانه‌ای، داده‌ها و شاخص‌های زیر موردبررسی قرار گرفت: سهم نهاده‌ها در کل انرژی نهاده، کارایی مصرف انرژی (EUE)، بهره‌وری انرژی (EP)، انرژی ویژه (SE)، انرژی خالص (NE)، شدت انرژی (EI)، هم‌ارزهای انرژی و انتشارات زیست‌محیطی مورداستفاده، نرخ هدف ذخیره انرژی (ESTR) و شاخص بهره‌وری فیزیکی نهایی (MPP).

ریسک انحراف در مطالعات[1]

در این بخش روش‌های ارزیابی ریسک در مطالعات و این‌که چگونه این اطلاعات در هر تحلیل داده دیگری مورداستفاده قرارگرفته شرح داده‌شده است. برای پیشگیری از تأثیر ریسک در نتایج برخی مطالعات، میانگین نتایج گزارش‌شده (مانند کارایی مصرف انرژی و غیره) در مقالات مختلف در مورد یک محصول واحد مورد استناد قرار گرفت. یکی از ریسک‌های مهم موضوع نمونه‌برداری و رعایت استانداردهای آن توسط محققان است که در ادامه این بخش به آن پرداخته‌شده است.

روش انتخاب نمونه

در هنگام نمونه‌برداری از سامانه‌های کشاورزی حداقل سه پرسش اساسی مطرح است که باید به آن‌ها پاسخ مناسب داد: (۱) آیا زمان نمونه‌برداری صحیح است؟ (۲) آیا روش انتخاب نمونه طوری انتخاب‌شده که نمونه نماینده جامعه باشد؟ (۳) روش محاسبه تعداد نمونه چیست و آیا تعداد نمونه به‌اندازه کافی است؟ در مورد زمان

1- Risk of bias in individual studies

نمونه‌برداری به دو روش می‌توان عمل کرد؛ (الف) نمونه‌برداری ایستا[1]: که در آن در یک مقطع زمانی از یک فصل کاری، اقدام به جمع‌آوری داده‌های موردنیاز از نمونه‌ها می‌شود. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد تقریباً اکثر مطالعات بررسی‌شده از روش‌های نمونه‌برداری ایستا استفاده کرده‌اند. (ب) نمونه‌برداری پویا[2]: در این روش در مقاطع زمانی متعدد (در بیش از یک فصل کاری) اقدام به جمع‌آوری داده‌های موردنیاز می‌شود. به دلیل تنوع بسیار زیاد سامانه‌های کشاورزی و تأثیرپذیری آن‌ها از عوامل خارج از سامانه، رفتار آن‌ها در زمان‌های مختلف تغییر می‌کند، لذا برای کاهش تأثیر این‌گونه تغییرات در نتایج تحلیل سامانه‌های کشاورزی، به نظر می‌رسد بهتر است محققان از روش نمونه‌برداری پویا برای جمع‌آوری داده‌های موردنیاز خود استفاده نمایند.

روش انتخاب نمونه از جامعه آماری ارتباط مستقیم با ماهیت تنوع‌پذیری جامعه موردمطالعه دارد. از آن‌جایی‌که تنوع در ویژگی‌های سامانه‌های کشاورزی بسیار زیاد است، لذا تعیین روش انتخاب نمونه بسیار حائز اهمیت است. به‌طورکلی دو نوع روش انتخاب نمونه وجود دارد؛ روش نمونه‌برداری احتمالی[3] و غیراحتمالی[4]. در روش احتمالی، احتمال انتخاب تمام اعضای جامعه به‌عنوان نمونه یکسان است در حالی‌که در روش‌های غیراحتمالی همه اعضا شانس یکسان ندارند. هنگامی‌که هر عضو از جامعه موردمطالعه، یک احتمال مشخص و غیرصفر برای وارد شدن به نمونه دارد، نمونه به‌عنوان یک نمونه احتمال شناخته می‌شود. نمونه‌های احتمال به‌گونه‌ای انتخاب می‌شوند که نماینده جامعه باشند. نمونه‌های احتمالی معتبرترین نتایج را ارائه می‌دهند زیرا منعکس‌کننده ویژگی‌های جامعه‌ای است که از آن انتخاب‌شده‌اند. در سامانه‌های کشاورزی بهتر است از روش نمونه‌گیری احتمالی استفاده شود، زیرا تفاوت ویژگی‌های سامانه‌های کشاورزی به‌گونه‌ای است که برای درک و قضاوت صحیح از رفتار سامانه‌ها، همه اعضای جوامع موردمطالعه باید شانس یکسانی برای انتخاب به‌عنوان نمونه داشته باشند.

به‌طورکلی چهار نوع روش نمونه‌برداری احتمالی معرفی‌شده است: نمونه‌گیری تصادفی ساده، نمونه‌گیری طبقه‌بندی‌شده، نمونه‌گیری سامانمند و نمونه‌گیری خوشه‌ای. روشی که در بیشتر مقالات موردبررسی مشاهده‌شده است روش نمونه‌گیری تصادفی ساده است (Mousavi-Avval *et al.*, 2012; Nabavi-Pelesaraei *et al.*, 2016). اما در برخی مطالعات با توجه به شرایط سامانه‌های موردبررسی از روش نمونه‌گیری طبقه‌بندی‌شده استفاده‌شده است.

سایر انواع روش‌های نمونه‌گیری احتمالی در مطالعات مشاهده نشد. بهتر است محققان از روش‌های نمونه‌گیری طبقه‌بندی‌شده و نمونه‌گیری خوشه‌ای در تحقیقات خود استفاده کنند. مقدار مصرف نهاده‌ها مهم‌ترین داده موردنیاز مطالعات سامانه‌های کشاورزی است. عوامل متعددی در مقدار مصرف نهاده توسط تولیدکنندگان تأثیرگذار است مانند مشخصات فردی بهره‌بردار (سن، جنسیت، سطح دانش، تجربه و غیره)، سطح فناوری‌های مورداستفاده در تولید (مکانیزه، نیمه مکانیزه، دستی، فناوری‌های نرخ متغیر و غیره)، نوع نظام بهره‌برداری از زمین (خصوصی، اجاره، تعاونی و غیره)، سطح مالکیت زمین (هکتار) و بسیاری عوامل دیگر. با استفاده از هر یک از این عوامل می‌توان جامعه مورد مطالعه را طبقه‌بندی نمود و از هر طبقه به تعداد کافی نمونه‌برداری کرد. لذا روش نمونه‌برداری طبقه‌بندی‌شده به‌خوبی می‌تواند تنوع موجود در سامانه‌های مورد مطالعه را در نظر بگیرد و وجود تفاوت معنی‌دار در بین نتایج حاصل از شاخص‌ها را تا حدی توجیه کند. روش نمونه‌گیری دیگری که محققان می‌توانند استفاده کنند روش خوشه‌ای است. عامل خوشه‌بندی می‌تواند از ویژگی‌های سامانه‌ها، مانند نظام بهره‌برداری از زمین و ماشین‌ها، باشد. روش نمونه‌گیری سامانمند نیز به‌شرط وجود بانک اطلاعاتی از بهره‌برداران منطقه مورد مطالعه قابل‌استفاده است. توصیه اصلی مقاله حاضر، استفاده از روش نمونه‌گیری طبقه‌بندی‌شده است.

در مورد تعداد نمونه می‌توان گفت هرچه نمونه بزرگ‌تر باشد، حاشیه عدم اطمینان (فاصله اطمینان) پیرامون نتایج کوچک‌تر است. بااین‌حال، عامل دیگری نیز وجود دارد که بر دقت نیز تأثیر می‌گذارد: تنوع چیزی که اندازه‌گیری می‌شود. هرچه مقدار مورد نظر از فردی به فرد دیگر متفاوت باشد، نمونه برای رسیدن به همان میزان اطمینان در مورد نتایج باید بزرگ‌تر باشد. برای محاسبه حجم یا اندازه نمونه می‌توان گفت عمدتاً دو روش در این مطالعات مورداستفاده قرارگرفته است. روش کوکران[5] (رابطه ۱) و روش نیمان[6] (رابطه ۲). نمونه‌برداری با هر یک از این روش‌ها، معمولاً به شیوه تصادفی صورت می‌گیرد. اولین مقالات در حوزه محصولات باغی در سال ۲۰۱۰ در مورد محصولات سیب، گردو، کیوی و توت‌فرنگی انجام شد که در آن‌ها اکثراً از روش نمونه‌برداری نیمان استفاده شد (Asakereh *et al.*, 2010; Banaeian *et al.*, 2010; Mohammadi *et al.*, 2010; Salami *et al.*, 2010). با این فرض که روش نمونه‌برداری کوکران مورد استفاده قرار گیرد، برای تعداد مختلف جامعه آماری با خطای ۰/۰۵، حجم نمونه مورد نیاز به شکل جدول ۱ خواهد بود.

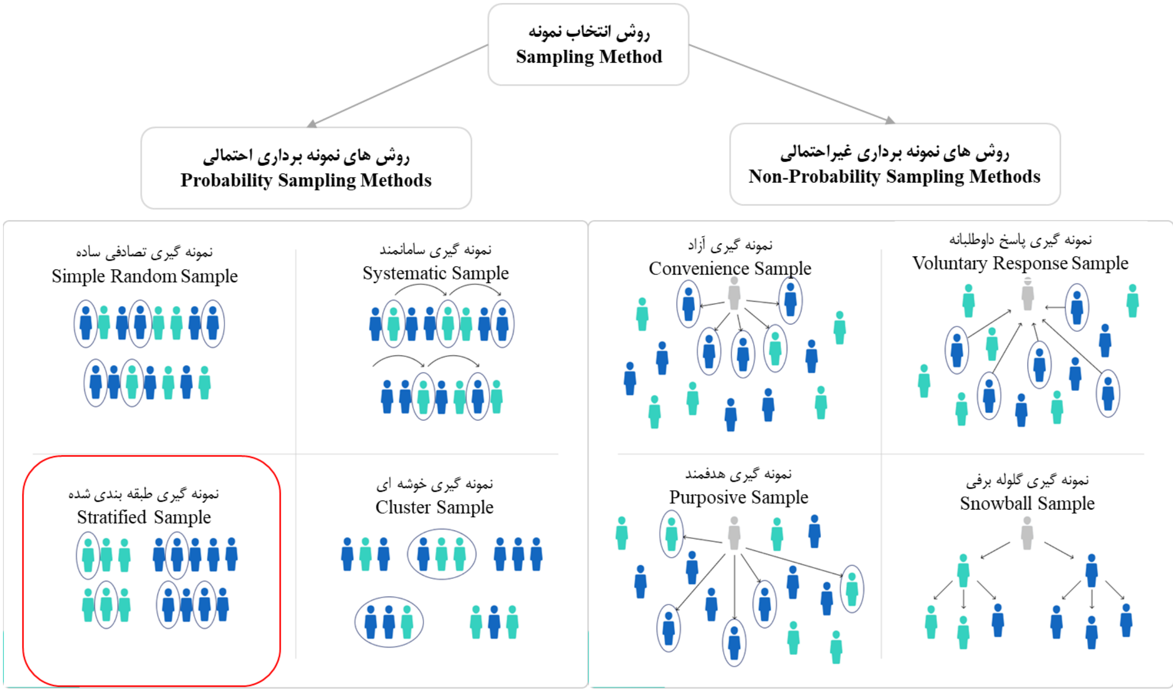
$$n = \frac{N(s \times t)^2}{(N-1)d^2 + (s \times t)^2} \quad (۱)$$

1- Static sampling method
2- Dynamic sampling method
3- Probability random sample
4- Non-probability sampling method
5- Cochran
6- Neyman

که در آن n تعداد نمونه موردنیاز، N تعداد جامعه آماری، t ضریب اطمینان (۱/۹۶ برای ۹۵٪ اطمینان)، s انحراف معیار داده‌های پیش‌آزمون، d دقت یا خطای موردپذیرش که در سطح اطمینان ۹۵٪ به میزان ۵٪ در نظر گرفته می‌شود.

$$n = \frac{\sum N_h S_h}{N^2 D^2 + \sum N_h S_h^2} \quad (۲)$$

که در آن n تعداد نمونه مورد نیاز، N تعداد جامعه آماری، N_h تعداد جامعه در طبقه h، S_h انحراف معیار در طبقه h، S_h^2 واریانس در طبقه h، D دقت $x - X$ و $D^2 = d^2/z^2$، z ضریب اطمینان (۱/۹۶ برای ۹۵٪ اطمینان).



شکل ٤– روش‌های انتخاب نمونه

Fig.4. Sampling methods

جدول ۱– حجم نمونه موردنیاز در جوامع آماری با استفاده از روش کوکران

Table 1- The sample size required in statistical population using Cochran's method

تعداد جامعه آماری No. of Population	حجم نمونه مورد نیاز No. of Sample	تعداد جامعه آماری No. of Population	حجم نمونه مورد نیاز No. of Sample
1000	278	15000	**375**
2000	322	20000	**377**
5000	357	30000	**379**
10000	370	35000	**380**

ریسک‌ها و چالش‌های نمونه‌برداری

به دلیل تنوع زیاد انواع سامانه‌های باغی و گلخانه‌ای و تأثیر آن‌ها در الگوی مصرف انرژی، تعداد نمونه موردبررسی و پراکنش مناسب آن در انواع سامانه‌ها در مطالعات انرژی از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. به‌عبارت‌دیگر برای پوشش همه سامانه‌ها، بهتر است از روش نمونه‌برداری کوکران استفاده شود. در این روش هر یک از انواع سامانه‌های تولیدی به‌عنوان یک طبقه در نظر گرفته شود و برای هر طبقه، نمونه‌برداری مستقل انجام شود. اکثر مقالات تعداد دقیق نمونه موردبررسی خود را اعلام کرده‌اند، اما تعداد معدودی نیز وجود دارد که اشاره‌ای به این موضوع نکرده‌اند. یکی از ریسک‌هایی که در مورد نمونه‌گیری در مطالعات سامانه‌های انرژی وجود دارد و ممکن است اعتبار این‌گونه مطالعات را مخدوش کند، موضوع اندازه و حجم نمونه

انتخاب‌شده در تحقیق است. ازآنجایی‌که تعداد بهره‌برداران بخش کشاورزی ایران به دلیل موضوع خرده مالکی بسیار زیاد است، ازاین‌رو جامعه آماری مطالعاتی که عمدتاً به‌صورت منطقه‌ای برای یک شهرستان یا استان انجام می‌شود اغلب بزرگ است. نتایج حاصل از آمارگیری توسط مرکز آمار ایران در بخش باغ‌ها و قلمستان‌ها نشان می‌دهد که حدود ۱۷/۶ درصد مساحت باغ‌ها و قلمستان‌های کشور در بهره‌برداری‌های با مساحت کمتر از ۱ هکتار، ۴۶/۸ درصد مساحت باغ‌ها و قلمستان‌های کشور در بهره‌برداری‌های با مساحت ۱ الی ۵ هکتار و ۳۵/۶ درصد از مساحت باغ‌ها و قلمستان‌های کشور در بهره‌برداری‌های با مساحت ۵ هکتار و یا بیش‌تر واقع‌شده‌اند. ازنظر تعداد بهره‌برداری‌ها ۶۷/۵ درصد بهره‌برداری‌های باغ و قلمستان دارای کمتر از ۱ هکتار باغ، ۲۹/۲ درصد بهره‌برداری‌های باغ و قلمستان دارای ۱ الی ۵ هکتار باغ و ۳/۳ درصد بهره‌برداری‌های باغ و قلمستان دارای ۵ هکتار و یا بیش‌تر باغ و قلمستان بوده‌اند (Anonymous, 2017). در جدول ۲ تعداد نمونه مورداستفاده و تعداد جامعه آماری منطقه موردمطالعه براساس سرشماری مرکز آمار ایران در برخی از مطالعات انجام‌شده گزارش‌شده است. با بررسی تعداد نمونه انتخاب‌شده در همه مقالات چاپ شده از سال ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۸ این‌طور می‌توان نتیجه گرفت که استانداردها در مورد حجم نمونه انتخاب‌شده با توجه به تعداد بهره‌برداران در منطقه مورد مطالعه به‌خوبی رعایت نشده است. محققان علم آمار معتقدند که حداقل حجم نمونه برای به‌دست آوردن هر نوع نتیجه معنی‌دار ۱۰۰ است. اگر جمعیت مورد مطالعه کمتر از ۱۰۰ عدد باشد، درواقع به‌جای نمونه‌گیری باید همه آن‌ها به‌صورت سرشماری بررسی شوند. در جدول ۲ برخی از مطالعاتی که با کمتر از ۱۰۰ و حتی کمتر از ۵۰ نمونه انجام‌شده است قابل‌مشاهده است. حداکثر اندازه نمونه مناسب معمولاً در حدود ۱۰٪ از جمعیت است ، به شرطی که از ۱۰۰۰ عدد فراتر نرود. حتی در جمعیت ۲۰۰۰۰۰ نفری، از ۱۰۰۰ نفر نمونه‌برداری به‌طورمعمول نتیجه نسبتاً دقیقی به‌دست می‌آورد. با نمونه‌گیری از بیش از ۱۰۰۰ نفر، با توجه به‌وقت و هزینه اضافی که صرف می‌شود، به‌دقت اضافه نمی‌شود. در عمل بیشتر افراد به‌طورمعمول می‌خواهند نتایج تا حد ممکن دقیق باشند، بنابراین عامل محدودکننده معمولاً وقت و هزینه است. بنابراین پیشنهاد می‌شود محققان سامانه‌های کشاورزی حداقل ۱۰۰ و حداکثر ۱۰۰۰ نمونه در مطالعه خود در نظر بگیرند. اما در این میان می‌توانند با توجه به شرایط زیر بین این دو حد کمینه و بیشینه تخمین بهتری از تعداد نمونه موردنیاز خود داشته باشند؛ (الف) عددی را نزدیک به حداقل (۱۰۰ نمونه) انتخاب کنند اگر: وقت و هزینه محدودی دارند، فقط به برآورد تقریبی نتایج نیاز دارند، در طول تجزیه‌وتحلیل قصد ندارند نمونه را به گروه‌های مختلف تقسیم کنند، یا فقط قصد دارند از چند زیرگروه بزرگ استفاده کنند (به‌عنوان مثال مردان/ زنان)، پیش‌بینی می‌شود اکثر نمونه‌ها پاسخ‌های مشابهی می‌دهند، تصمیماتی که بر اساس نتایج گرفته خواهند شد، پیامدهای قابل‌توجهی ندارند.

جدول ۲– مشخصات جامعه آماری و حجم نمونه در برخی از مطالعات انجام‌شده

Table 2- Characteristics of the statistical population and sample size in some studies

محصول Crop	منطقه مورد مطالعه Studied area	تعداد جامعه آماری No. of population	تعداد نمونه انتخاب‌شده No. of selected samples	روش نمونه‌برداری Sampling method	منبع Ref.
سیب (Apple)	استان اصفهان (Isfahan)	34084	113	نیمان (Neyman)	(Asakereh *et al.*, 2010)
گردو (Walnut)	استان همدان (Hamedan)	33844	37	نیمان (Neyman)	(Banaeian *et al.*, 2010)
کیوی (Kiwi)	استان مازندران (Mazandaran)	8830	86	نیمان (Neyman)	(Mohammadi *et al.*, 2010)
انگور (Grape)	شهرستان ملایر (Malayer)	37033	50	نیمان (Neyman)	(Rajabi Hamedani *et al.*, 2011)
پسته (Pistachio)	استان یزد (Yazd)	26343	45	کوکران (Cochran)	(Mahmoudi *et al.*, 2012)
گلابی (Pear)	استان تهران (Tehran)	7700	100	کوکران (Cochran)	(Tabatabaie *et al.*, 2013b)
پرتقال (Orange)	شهرستان لنگرود (Langarud)	17435	60	–	(Nabavi-Pelesaraei *et al.*, 2014)
هلو (Peach)	استان چهارمحال و بختیاری (Chaharmahal and Bakhtiari)	8798	100	کوکران (Cochran)	(Ghatrehsamani *et al.*, 2016)
انار (Pomegranate)	شهرستان مرودشت استان فارس (Marvdasht)	945	55	–	(Houshyar *et al.*, 2017)

(ب) عددی را نزدیک به حداکثر (۱۰۰۰) انتخاب کنند اگر: وقت و هزینه لازم برای انجام آن را دارند، بسیار مهم است که نتایج دقیق به‌دست آورند، قصد دارند در طی تجزیه‌وتحلیل، نمونه را به گروه‌های مختلف تقسیم کنند (به‌عنوان مثال گروه‌های مختلف سنی، سطح اقتصادی-اجتماعی و غیره)، پیش‌بینی می‌شود احتمالاً پاسخ‌های بسیار متفاوتی از نمونه‌ها دریافت می‌شود، تصمیماتی که بر اساس نتایج نمونه‌برداری اتخاذ می‌شوند مهم، گران‌قیمت یا پیامدهای جدی هستند.

در تعدادی از مقالات مورد بررسی، تعداد نمونه انتخاب شده زیر ۵۰ عدد است (Salehi *et al.*, 2016). نحوه محاسبه حجم نمونه در برخی مطالعه‌ها توضیح داده نشده است (Pahlavan *et al.*, 2011). در برخی نیز به روش نمونه‌برداری مورداستفاده اشاره‌ای نشده است (Banaeian *et al.*, 2011; Nikkhah *et al.*, 2017). با توجه به اهمیت نمونه‌برداری و تأثیر آن در صحت نتایج این‌گونه مطالعات، ضروری است محققان به‌صورت مبسوط در مورد جزئیات نمونه‌برداری اطلاعات کاملی در اختیار خواننده قرار دهند.

ریسک انحراف در بین مطالعات مشابه[1]

در این‌گونه مطالعات، روش محاسبه شاخص‌های موردنظر بدین گونه است که پس از جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز از بین جامعه موردمطالعه، از میانگین ارقام به‌دست‌آمده استفاده می‌شود. این ارقام در ضرایب هم‌ارز موجود در منابع ضرب می‌شود و شاخص‌های مختلف محاسبه می‌شود. اما در این میان، همه محققان از ضرایب هم‌ارز یکسانی استفاده نمی‌کنند و این باعث می‌شود نتایج مطالعات تفاوت اندکی با یکدیگر داشته باشند. به‌عنوان‌مثال مقدار ضریب هم‌ارز انرژی سوخت دیزل و نهاده ماشین در یک پژوهش به‌ترتیب ۵۶/۳۱ مگاژول بر لیتر و ۶۲/۷ مگاژول بر کیلوگرم استفاده شده است (Namdari *et al.*, 2011a; Namdari *et al.*, 2011b). این در حالی است که همین نهاده‌ها در مطالعه دیگری به‌ترتیب ۴۷/۶ مگاژول بر لیتر و ۱۳۸ مگاژول بر کیلوگرم استفاده‌شده است (Loghmanpour Zarini *et al.*, 2013). هر دو مقاله نیز به مطالعه شاخص‌های انرژی مرکبات در شمال ایران پرداخته‌اند. وجود این‌گونه تفاوت‌ها باعث ایجاد برخی انحرافات در مقایسه نتایج مقالات مشابه در محصولات یکسان می‌شود. به‌هرحال برای تعدیل این تفاوت‌ها، در گزارش شاخص‌ها از میانگین‌گیری استفاده‌شده است.

نتایج و بحث

نتایج این مطالعه مروری، جمع‌آوری و بحث در مورد روش‌های مورداستفاده و نتایج گزارش‌شده در تحقیقات مربوط به سامانه‌های تولید محصولات باغی و گلخانه‌ای است. ایجاد یک افق برای محققانی که در آینده قصد ورود به این حوزه مطالعاتی را دارند هدف مهمی است که از طریق بحث در مورد روش‌ها، چالش‌ها، ریسک‌ها و نتایج مطالعات انجام‌شده در این مطالعه مروری دنبال شده است. مواجهه با تصویر جامعی که در این مقاله از تحقیقات پیشین ایجادشده است به محققین کمک می‌کند تا در مسیر تکامل مطالعات در این حوزه قدم بردارند.

با استفاده از کلیدواژه‌های متداول تعداد ۲۱۱ مقاله در بازه ۲۰۰۸-۲۰۱۸ در پایگاه اسکوپوس یافت شد (شکل ۵). از منابع دیگر مانند گوگل اسکولار[2] و ریسرچ گیت[3] نیز استفاده شد تا جستجوی کامل‌تری انجام شود. پس از حذف مقالات تکراری، تعداد ۲۵۷ مقاله باقی ماند. سپس بررسی عناوین مقالات، چکیده و کلیدواژه‌ها انجام شد و تعداد ۱۵۱ مقاله مربوط به ایران نبود یا نامناسب تشخیص داده شد و حذف شد. از تعداد ۱۰۶ مقاله باقی‌مانده تعداد ۴۳ مقاله به دلایل زیر از فرآیند انتخاب حذف شد: کم بودن اعتبار مجله، همپوشانی محتوای مقاله با سایر مقالاتی که توسط همان گروه مؤلفان در مجلات دیگر به چاپ رسیده بود، عدم وجود محصولات باغی و گلخانه‌ای به‌عنوان محصول مورد مطالعه. در نهایت ۶۳ مقاله انتخاب شد. از همه این مقالات در تحلیل‌های ثانویه استفاده شد. ۱۹ مقاله نیز برای بحث بیشتر پیرامون مقالات مورد استفاده قرار گرفت. در این مقالات ۱۶ نوع محصول باغی و ۶ نوع محصول گلخانه‌ای مورد بررسی قرارگرفته است. همچنین قابل‌ذکر است که مقالات کوتاه، مقالات همایش‌هایی که در مجموعه مقالات به چاپ رسیده بودند و فصول کتاب در فرآیند انتخاب در نظر گرفته نشدند.

تحلیل الگوی مصرف انرژی

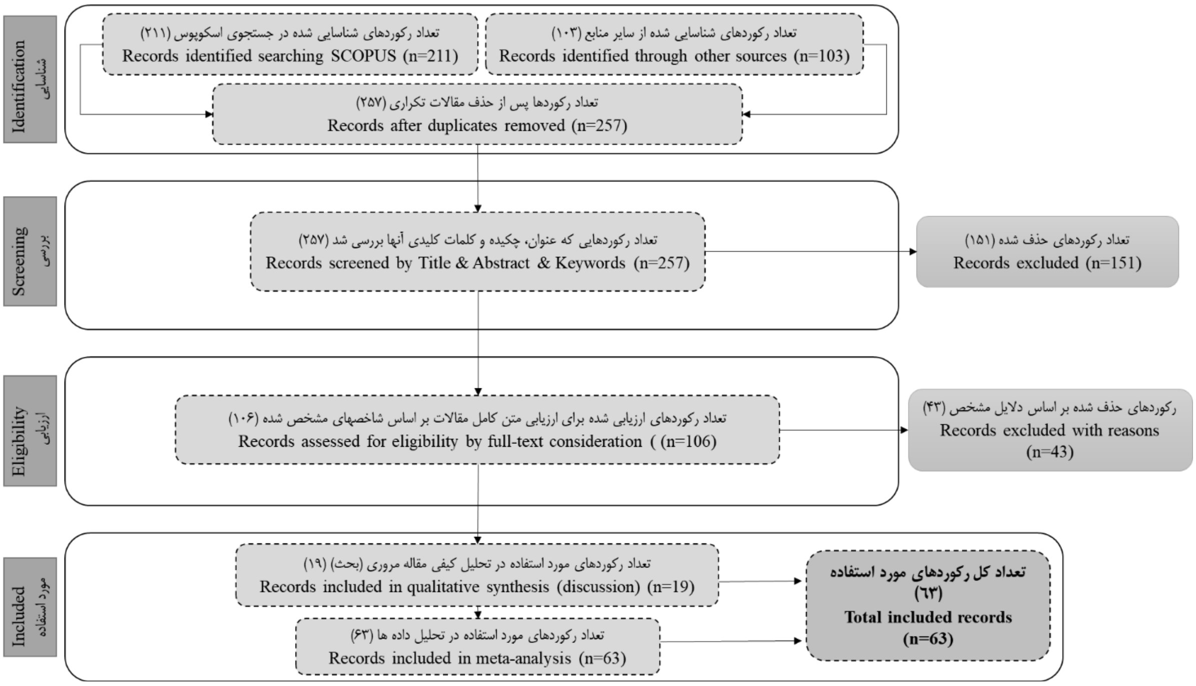
تناسب هم‌ارزهای مورد استفاده

روشی که در مطالعات انرژی برای استخراج الگوی مصرف انرژی در بخش محصولات باغی و گلخانه‌ای صورت گرفته است به‌طور عام متکی بر استفاده از هم‌ارزهای انرژی نهاده‌های مورد استفاده است. موضوع دیگری که در محاسبات الگوی مصرف انرژی وجود دارد، منشأ مقادیر هم‌ارز انرژی نهاده‌هاست. تقریبا همه مطالعات انرژی از هم‌ارزهای انرژی که توسط محققان خارجی محاسبه‌شده استفاده می‌کنند. وجود تفاوت‌های قابل‌توجه در شرایط تولید و مصرف نهاده‌های کشاورزی در ایران و خارج از آن، حاکی از آن است که هم‌ارزهای موجود در منابع را به‌راحتی نمی‌توان برای مزارع و باغات ایران مورداستفاده قرار داد. مهم‌ترین هم‌ارزهای انرژی که در مقالات منتشرشده در حوزه محصولات باغی و گلخانه‌ای مورداستفاده قرارگرفته است در جدول ۳ آورده شده است.

1- Risk of bias across studies

2- Google Scholar

3- Research Gate



شکل ۵- ساختار طرحواره فرآیند مرور منابع

Fig.5. Schematic structure of review process

جدول ۳- هم‌ارزهای انرژی مورد استفاده

Table 3- Energy equivalents

نهاده **Input**	واحد **Unit**	محتوای انرژی **Energy equivalent (MJ.Unit^{-1})**	منبع **Ref.**
نیروی انسانی (Human labor)	ساعت (h)	2.2	(Asakereh *et al.*, 2010)
نیروی انسانی (Human labor)	ساعت (h)	1.96	(Banaeian *et al.*, 2010)
ماشین (Machinery)	ساعت (h)	13.06	(Mohammadi and Omid, 2010)
ماشین (تراکتور) (Machinery (Tractor))	کیلوگرم (kg)	138	(Salami *et al.*, 2010)
ماشین (شخم) (Machinery (Plow))	کیلوگرم (kg)	180	(Salami *et al.*, 2010)
ماشین (دیسک) (Machinery (Disk))	کیلوگرم (kg)	149	(Salami *et al.*, 2010)
سوخت (دیزل) (Fuel (Diesel))	لیتر (L)	56.31	(Mohammadi and Omid, 2010)
سوخت (گاز طبیعی) (Fuel (CNG))	مترمکعب (m^3)	49.5	(Khoshnevisan *et al.*, 2013a)
علف‌کش (Herbicide)	کیلوگرم (kg)	85	(Khoshnevisan *et al.*, 2014a)
قارچ‌کش (Fungicide)	کیلوگرم (kg)	295	(Khoshnevisan *et al.*, 2014a)
آفت‌کش (Insecticide)	کیلوگرم (kg)	115	(Khoshnevisan *et al.*, 2014a)
کمپوست (Compost)	کیلوگرم (kg)	5.08	(Salehi *et al.*, 2014)
کود دامی (Manure)	کیلوگرم (kg)	0.3	(Taghavifar and Mardani, 2015)
الکتریسیته (Electricity)	کیلووات ساعت (kWh)	625.84	(Mardani and Taghavifar, 2016)
نیتروژن (Nitrogen)	کیلوگرم (kg)	66.14	(Pahlavan *et al.*, 2012d)
فسفات-فسفر (Phosphate)	کیلوگرم (kg)	12.44	(Houshyar *et al.*, 2017)
پتاسیم (Potassium)	کیلوگرم (kg)	11.15	(Banaeian and Zangeneh, 2011b)
سولفور (Sulfur)	کیلوگرم (kg)	1.12	(Nabavi-Pelesaraei *et al.*, 2016)
روی (Zinc)	کیلوگرم (kg)	8.40	(Banaeian and Zangeneh, 2011b)
سولفات روی (Zinc sulfate)	کیلوگرم (kg)	20.9	(Houshyar *et al.*, 2017)
آب (Water)	مترمکعب (m^3)	1.02	(Farashah *et al.*, 2013)

همارزهای انرژی مورد استفاده محققان گاهی اوقات تفاوت‌هایی با یکدیگر دارند که عمدتاً ناشی از مراجع مورداستفاده آن‌هاست. به‌عنوان‌مثال در مورد نهاده ماشین، برخی مقالات از واحد ساعت و برخی دیگر از واحد کیلوگرم استفاده کرده‌اند. در بین مواردی که از واحد ساعت استفاده کرده‌اند نیز تفاوت‌هایی مشاهده می‌شود. به‌عنوان‌مثال محققان در پژوهشی مقدار ۱۳/۰۶ مگا ژول بر ساعت را استفاده کردند (Mohammadi and Omid, 2010). درحالی‌که در مطالعه دیگری مقدار ۶۴/۸ مگا ژول بر ساعت را مبنای محاسبات خود قرار گرفت (Banaeian *et al.*, 2011). این تفاوت در حالی است که هر دو تحقیق در مورد محصولات گلخانه‌ای خیار و توت‌فرنگی است. وجود تفاوت در همارزهای انرژی در تعداد دیگری از نهاده‌ها هم قابل‌مشاهده است. از این‌دست می‌توان به همارز انرژی در مورد نهاده‌های سموم شیمیایی از قبیل علف‌کش، قارچ‌کش و آفت‌کش اشاره کرد (Karimi and Moghaddam, 2018; Khoshnevisan *et al.*, 2014a).

بررسی سهم نهاده‌ها در کل انرژی نهاده

ازآنجا که محل اجرای پژوهش‌ها دارای پراکنش جغرافیایی مناسبی است، بررسی سهم هر یک از نهاده‌ها در میزان کل انرژی مصرفی[1] (TEI) اولین گام در جهت بهبود الگوی مصرف انرژی در بخش محصولات باغی و گلخانه‌ای ایران است. شکل ۶ سهم هر یک از نهاده‌ها را به‌ترتیب در محصولات باغی و گلخانه‌ای نشان می‌دهد. این اعداد از نتایج گزارش‌شده در مقالاتی که در این مطالعه مورد بررسی قرارگرفته به‌دست‌آمده است. در مواردی که برای یک محصول، بیش از یک مقاله وجود دارد، میانگین مقادیر مقالات موجود ملاک عمل برای ترسیم این نمودارها بوده است. این دو نمودار تصویر جامعی از وضعیت مصرف انرژی در بخش باغ و گلخانه در اختیار خواننده قرار می‌دهد. در محصولات باغی، سهم نهاده‌های کود و الکتریسیته بسیار قابل‌توجه است. در مورد محصولات گلخانه‌ای، نهاده سوخت که عمدتاً از نوع گازوئیل است بیشترین سهم مصرف انرژی را به‌خود اختصاص داده است.

شاخص‌های رایج انرژی

شاخص‌های اصلی تحلیل الگوی مصرف انرژی که تقریباً در همه مقالات مورد استفاده محققان قرارگرفته است عبارت است از کارایی مصرف انرژی (EUE)، بهره‌وری انرژی (EP)، انرژی ویژه (SE)، انرژی خالص (NE) و شدت انرژی (EI) که در روابط (۳) تا (۷) معرفی‌شده است: (Houshyar *et al.*, 2017; Pishgar-Komleh *et al.*, 2013).

$$Energy\ Use\ Efficiency = \frac{Energy\ Output\ (MJ\ ha^{-1})}{Energy\ Input\ (MJ\ ha^{-1})} \qquad (۳)$$

$$Energy\ Productivity = \frac{Output\ (kg\ ha^{-1})}{Energy\ Input\ (MJha^{-1})} \qquad (۴)$$

$$Specific\ Energy = \frac{EnergyInput\ (MJ\ ha^{-1})}{Output\ (kg\ ha^{-1})} \qquad (۵)$$

$$Net\ Energy = Energy\ Output\ (MJ\ ha^{-1}) - Energy\ Input\ (MJ\ ha^{-1}) \qquad (۶)$$

$$Energy\ Intensivenss = \frac{Energy\ Input\ (MJ\ ha^{-1})}{Cost\ of\ Cultivation(\$ha^{-1})} \qquad (۷)$$

بررسی شاخص‌های انرژی در محصولات باغی و گلخانه‌ای

وضعیت شاخص‌های انرژی در محصولات باغی و گلخانه‌ای شامل مجموع مصرف انرژی (TEI)، کارایی مصرف انرژی (EUE)، انرژی خالص (NE)، بهره‌وری انرژی (EP) در شکل ۷ و ۸ نشان داده‌شده است. گردو کمترین و توت‌فرنگی بیشترین میزان مصرف انرژی را در بین محصولات باغی به‌خود اختصاص داده‌اند. فقط محصولات انگور، سیب و گردو دارای انرژی خالص مثبت هستند، از این‌رو بیشترین مقدار کارایی مصرف انرژی را نیز در مقایسه با سایر محصولات دارند. نتایج بررسی مطالعات انجام‌شده نشان می‌دهد هیچ‌یک از محصولات گلخانه‌ای انرژی خالص مثبت ندارند. دلیل اصلی این موضوع تولید محصولات گلخانه‌ای به‌صورت خارج از فصل است که نیاز به مصرف انرژی برای سرمایش و گرمایش را به‌شدت افزایش می‌دهد. محصول گل مریم[2] در مقایسه با سایر محصولات گلخانه‌ای از وضعیت مناسب‌تری برخوردار است. در مقابل محصولات فلفل دلمه‌ای و قارچ دکمه‌ای وضعیت نامناسبی ازنظر الگوی مصرف انرژی دارند و با توجه به حجم قابل‌توجه تولید آن‌ها، نیاز به انجام مطالعات بیشتر جهت یافتن علل بروز این وضعیت ضروری به نظر می‌رسد.

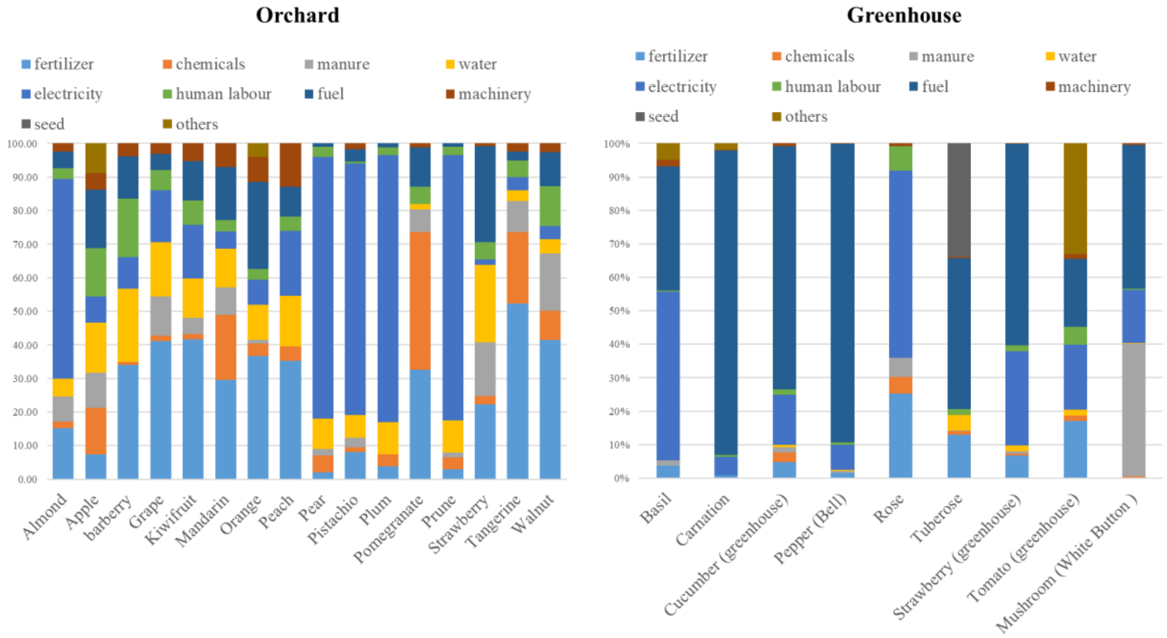
مدل‌سازی با استفاده از تابع کاب داگلاس

نتایج بررسی روش تحقیق مطالعات این حوزه نشان می‌دهد که تعداد زیادی از محققان پس از محاسبه شاخص‌های انرژی (روابط ۳ تا ۷)، ارتباط بین مقدار محصول به‌دست‌آمده و انرژی نهاده را با استفاده از تابع تولید کاب داگلاس بررسی کرده‌اند (رابطه ۷

1- Total Energy Input

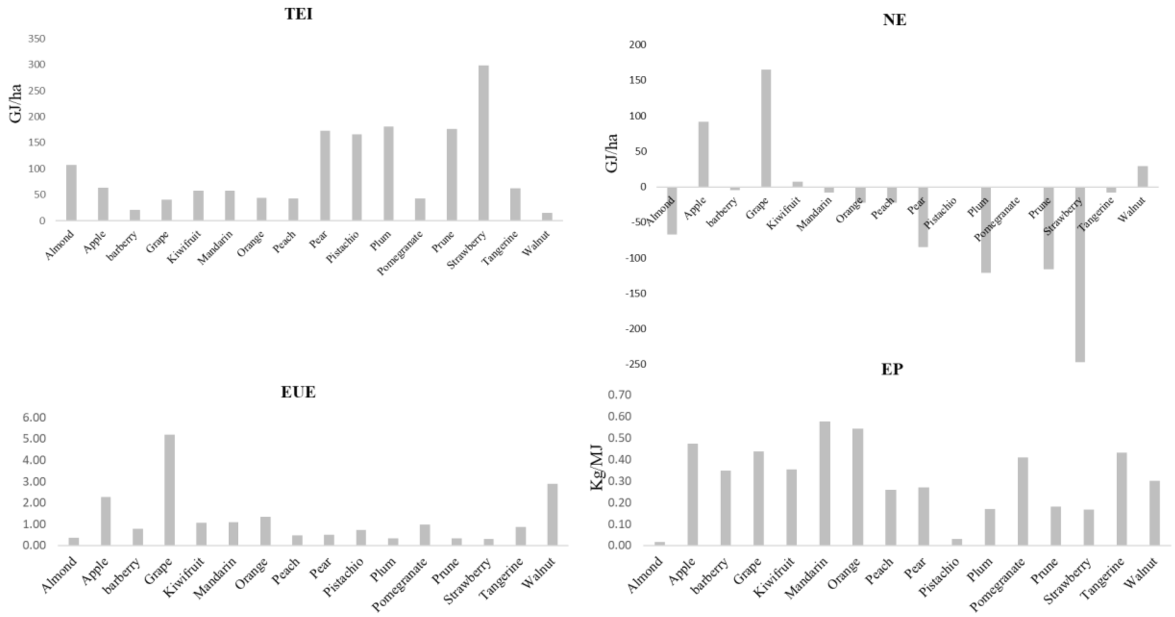
2- Tuberose

(Pishgar-Komleh *et al.*, 2013). روش کـاب داگـلاس بـرای بررسی مدل اقتصادی تولید نیـز در بسـیاری از مقـالات مورداسـتفاده قرارگرفته است (Royan *et al.*, 2012). در ایـن گـروه از مطالعـات، شاخص‌های اقتصـادی مختلفـی ماننـد میـزان تولیـد، میـزان درآمـد بهره‌بردار و غیره به‌عنوان خروجی مدل و میزان نهاده‌هـای مصـرفی، میزان انرژی نهاده‌ها، میزان انرژی‌های مستقیم و غیرمستقیم، میـزان انرژی‌های تجدیدپذیر و غیرتجدیدپذیر و غیره به‌عنـوان ورودی‌هـای مـدل مورداسـتفاده قرارگرفتـه‌انـد (Mohammadshirazi *et al.*, 2012).



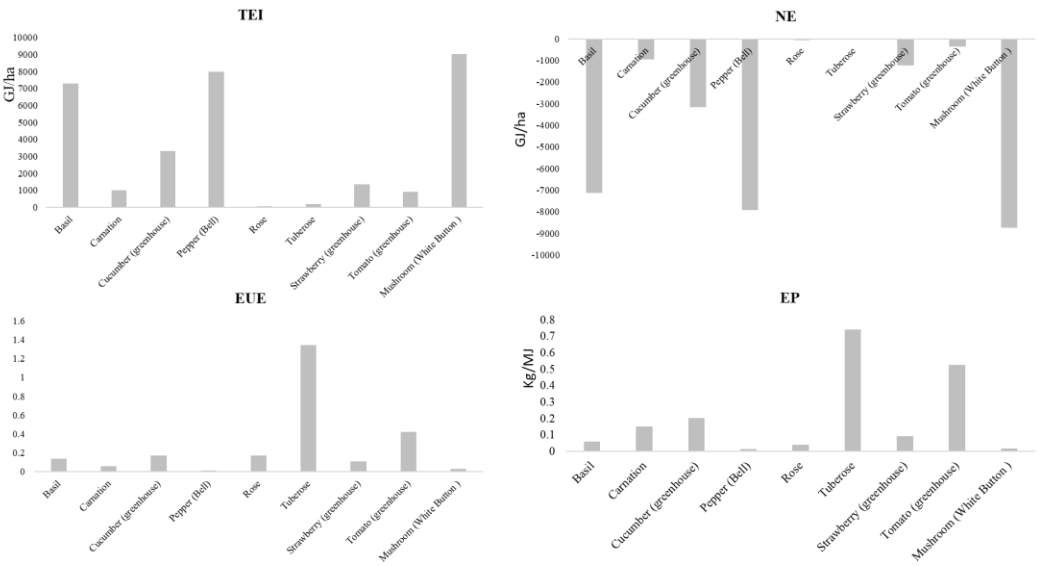
شکل ٦- سهم نهاده‌ها در کل انرژی نهاده در محصولات باغی و گلخانه‌ای

Fig.6. Share of inputs in Total Energy Input (TEI) in orchard and greenhouse crops



شکل ۷- وضعیت شاخص‌های انرژی در محصولات باغی

Fig.7. Status of energy indicators in horticultural crops



شکل ۸– وضعیت شاخص‌های انرژی در محصولات گلخانه‌ای

Fig.8. Status of energy indicators in greenhouse crops

در این مطالعات از آماره دوربین–واتسون[1] به‌منظور بررسی همبستگی بین مقادیر باقی‌مانده از تحلیل رگرسیون استفاده می‌شود. پس از مدل‌سازی با استفاده از تابع کاب داگلاس، مقدار آماره t[2] برای همه نهاده‌های مورد استفاده در مدل و معنی‌داری آن‌ها گزارش می‌شود. به‌عنوان‌مثال صالحی و همکاران (Salehi *et al.*, 2016) در محصول قارچ، نهاده نیروی انسانی و کمپوست را به‌ترتیب در سطوح پنج و یک درصد معنی‌دار گزارش کرده‌اند. این بدان معنی است که این دو نهاده به‌ترتیب با احتمال ۹۵ و ۹۹ درصد تأثیر معنی‌دار در افزایش مقدار محصول قارچ دارند. علاوه بر مقدار، جهت تأثیرگذاری نهاده‌ها بر روی خروجی تعیین‌شده در مدل کاب داگلاس، که اغلب میزان محصول نهایی است، با استفاده از علامت آماره t مشخص می‌شود. مقدار تأثیر هر نهاده نیز از طریق ضرایب گزارش‌شده در مدل کاب داگلاس مشخص می‌شود.

$$\ln Y_i = a + \sum_{j=1}^{n} \alpha_j \ln(X_{ij}) + e_i \qquad i = 1\ 2\ \dots n \tag{۸}$$

که در آن Y_i مقدار محصول باغ iام است، X_{ij} بردار j امین نهاده مورداستفاده در iامین باغ در فرآیند تولید محصول است، a عدد ثابت، α_j ضرایب نهاده‌هایی است که از مدل تخمین زده‌شده است و e_i میزان خطا در iامین باغ است.

تحلیل حساسیت نهاده‌های انرژی

در بسیاری از مطالعات، تحلیل حساسیت نهاده‌های انرژی با استفاده از روش بهره‌وری فیزیکی نهایی[3] (MPP) (Pahlavan *et al.*, 2012a). این شاخص با استفاده از رابطه (۹) محاسبه می‌شود (Ghatrehsamani *et al.*, 2016). این شاخص نشان می‌دهد که به ازای هر واحد افزایش مصرف انرژی نهاده‌ها چه میزان تغییر در میزان محصول نهایی تولیدشده محقق می‌شود. بیشترین مقدار آماره t و مقدار MPP در مورد محصولات بررسی‌شده در جدول ۴ گزارش‌شده است.

$$MPP_{xj} = \frac{GM(Y)}{GM(X_j)} \times \alpha_j \tag{۹}$$

که در آن MPP_{xj} بهره‌وری فیزیکی نهایی j امین نهاده، α_jضریب رگرسیون j امین نهاده، $GM(Y)$ میانگین هندسی محصول ستانده و $GM(X_j)$ میانگین هندسی j امین نهاده انرژی بر اساس هر هکتار (Tabatabaie *et al.*, 2013a).

بهینه‌سازی و پیش‌بینی انرژی

مقالات منتشرشده از حیث نحوه تحلیل سامانه‌های تولید محصولات شامل الگوی مصرف انرژی، مدل اقتصادی و انتشارات زیست‌محیطی به دو گروه اصلی تقسیم‌بندی می‌شوند. گروه اول صرفاً به محاسبه شاخص‌های اصلی پرداخته‌اند. گروه دوم با استفاده از روش‌های تکمیلی، تحلیل بیشتر و عمیق‌تری درباره سامانه تولیدی مورد ارائه کرده‌اند (جدول ۵).

1- Durbin-Watson

2- t-ratio

3- Marginal Physical Productivity

جدول ٤- بالاترین مقدار آماره **t** و **MPP** در محصولات باغی و گلخانه‌ای

Table 4- Highest t-ratio and MPP of orchard and greenhouse crops

محصول Product	بیشترین بهره‌وری فیزیکی نهایی Highest MPP	بیشترین t-ratio Highest t-ratio	منبع Ref.
(Almond) بادام	(Water) آب	(Manure) کود دامی	(Salehi *et al.*, 2016)
(Apple) سیب	(Water) آب	(Electricity) الکتریسته	(Rafiee *et al.*, 2010)
(Basil) ریحان	(Human labor) نیروی انسانی	(Human labor) نیروی انسانی	(Pahlavan *et al.*, 2012a)
(Cucumber) خیار	(Human labor) نیروی انسانی	(Diesel) گازوئیل	(Pishgar-Komleh *et al.*, 2013)
(Cucumber) خیار	-	(Human labor) نیروی انسانی	(Pahlavan *et al.*, 2012b)
(Grape) انگور	(Chemicals) سموم شیمیایی	(Chemicals) سموم شیمیایی	(Rajabi Hamedani *et al.*, 2011)
(Kiwi) کیوی	(Potassium) کود پتاس	(Potassium) کود پتاس	(Nikkhah *et al.*, 2016)
(Kiwi) کیوی	-	(Machinery) ماشین‌های کشاورزی	(Soltanali *et al.*, 2017)
(Mandarin) نارنگی	(Human labor) نیروی انسانی	(Water) آب	(Namdari *et al.*, 2011a)
(Mushrooms) قارچ	(Human labor) نیروی انسانی	(Compost) کمپوست	(Salehi *et al.*, 2014)
(Peach) هلو	(Human labor) نیروی انسانی	(Human labor) نیروی انسانی	(Royan *et al.*, 2012)
(Peach) هلو	(Machinery) ماشین‌های کشاورزی	(Fertilizers) کود	(Ghatrehsamani *et al.*, 2016)
(Pear) گلابی	(Diesel) گازوئیل	(Diesel) گازوئیل	(Tabatabaie *et al.*, 2013b)
(Plum) آلو	(Human labor) نیروی انسانی	(Human labor) نیروی انسانی	(Tabatabaie *et al.*, 2012)
(Pomegranate) انار	(Diesel) گازوئیل	(Electricity) الکتریسته	(Tabatabaie *et al.*, 2013a)
(Mandarin) نارنگی	(Water) آب	(Fertilizers) کود	(Mohammadshirazi *et al.*, 2012)
(Tomato) گوجه	(Human labor) نیروی انسانی	(Human labor) نیروی انسانی	(Taki *et al.*, 2013)
(Walnut) گردو	(Human labor) نیروی انسانی	(Human labor) نیروی انسانی	(Banaeian and Zangeneh, 2011a)

جدول ۵- روش‌های تکمیلی مورد استفاده در تحلیل سامانه‌های تولید محصولات باغی و گلخانه‌ای

Table 5- Complementary methods used in the analysis of orchard and greenhouse production systems

روش Method	هدف Objectives	منبع Ref.
تحلیل پوششی داده‌ها[1] (DEA) Data Envelopment Analysis (DEA)	بررسی بازده فنی و بازده به مقیاس تولیدکنندگان Investigation of technical efficiency and returns to the scale of farmers	(Mousavi-Avval *et al.*, 2012)
شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN) Artificial Neural Networks (ANN)	مدل‌سازی و پیش‌بینی میزان تولید محصول با استفاده از نهاده‌های مصرفی Modeling and forecasting the amount of product production using inputs	(Khoshnevisan *et al.*, 2013b)
سامانه استنتاج فازی-عصبی تطبیقی (ANFIS) Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System	مدل‌سازی میزان تولید محصول با استفاده از نهاده‌های مصرفی Modeling the amount of product production using inputs	(Khoshnevisan *et al.*, 2013a)

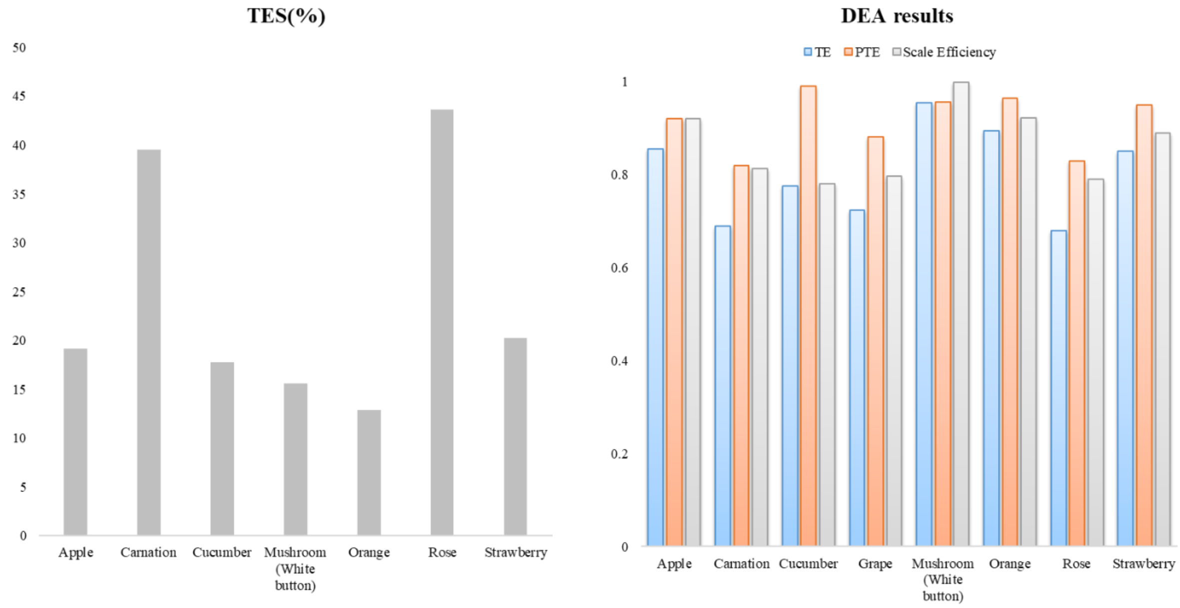
1- Data Envelopment Analysis

در روش تحلیل پوششی داده‌ها چند شاخص در اکثر مقالات گزارش‌شده است: کارایی فنی (TE)[1]، کارایی فنی خالص (PTE)[2]، کارایی به مقیاس (SE)[3] و نرخ هدف ذخیره انرژی (ESTR)[4] (Shabani *et al.*, 2012). تحلیل داده‌ها در روش DEA عمدتاً با استفاده از نرم‌افزار DEA-Solver انجام‌شده است. تحلیل پوششی داده‌ها نتایج ارزشمندی در اختیار محققین درباره الگوی مصرف انرژی قرار داده است، به‌طوری‌که واحدهای تولیدکننده کارا و ناکارا از جنبه کارایی مصرف انرژی را مشخص می‌کند. اما در روش تحلیل پوششی داده‌ها صرفاً رفتار و نتیجه نهایی یک سامانه مورد بررسی محققین است. به نظر می‌رسد شناسایی علل ایجاد یک سامانه کارا یا ناکارا از چشم محققین به دور مانده است و این‌گونه مطالعات تحلیل مناسبی در این زمینه نداشته‌اند. بنابراین یکی از اشکالاتی که به مقالات منتشرشده وارد می‌شود عدم ارائه تحلیل کافی درباره علل ایجاد یک الگوی مصرف انرژی در یک محصول خاص در یک منطقه است. الگوی مصرف انرژی در یک سامانه تولیدی کشاورزی یا باغی، محصول سلسله‌ای از ویژگی‌ها و رفتارها در یک سامانه است. چنانچه محقق خواسته باشد الگوی مناسب مصرف انرژی را به سایر تولیدکنندگان نیز تسری بدهد، نیاز است تا عوامل ایجاد یک الگوی بهینه مصرف انرژی را نیز شناسایی کند. از این‌رو پیشنهاد می‌شود علاوه بر مطالعه عوامل و نهاده‌های تولید، سایر مشخصات سامانه‌های تولید نیز هنگام جمع‌آوری داده مدنظر محققین باشد تا با استفاده از روش‌های آماری و مدل‌سازی مناسب، اقدام به شناسایی عوامل مؤثر در بروز یک الگوی مصرف انرژی نمایند. عموماً مقالاتی که در این حوزه به چاپ می‌رسند صرفاً گزارش‌دهنده‌ی وضعیت فعلی الگوی مصرف انرژی هستند. اما تعداد بسیار محدودی از مقالات وجود دارد که عوامل مؤثر در کارایی مصرف انرژی را مورد بررسی قرار داده‌اند. به‌عنوان‌مثال در پژوهشی محققان با استفاده از مدل توبیت[5] ارتباط بین کارایی مصرف انرژی و مشخصات و ویژگی‌های باغداران انگور را مورد بررسی قرار دادند (Khoshroo *et al.*, 2013). مقایسه کلی نتایج گزارش‌شده توسط محققان مختلف می‌تواند تصویر جامعی از وضعیت صرفه‌جویی انرژی در سامانه‌های تولیدی مورد مطالعه در اختیار خواننده قرار دهد. مجموع صرفه‌جویی انرژی[6] (TES) حاصل از به‌کارگیری روش DEA و شاخص‌های این روش شامل کارایی فنی، کارایی فنی خالص و بازده به مقیاس در مورد محصولات باغی و گلخانه‌ای در شکل ۹ نشان داده‌شده است. نتایج مطالعات حاکی از آن است که محصولات گل رز و هویج امکان صرفه‌جویی بیشتری در مصرف انرژی دارند و محصول قارچ دارای بهترین شاخص‌های کارایی فنی، کارایی فنی خالص و بازده به مقیاس است. بررسی دلایل موفقیت یا عدم موفقیت یک محصول از نظر امکان صرفه‌جویی در مصرف انرژی موضوعی است که در اغلب مطالعات بدان پرداخته نمی‌شود. شایسته است محققین فرضیه‌هایی برای بررسی علل رفتار مطلوب یا نامطلوب سامانه تولیدی مورد مطالعه طراحی کرده و با استفاده از روش‌های مناسب به تایید یا رد آن‌ها بپردازند. بدین ترتیب امکان اثربخشی مطالعات در سامانه‌های کشاورزی افزایش می‌یابد.

پتانسیل هر یک از نهاده‌ها در کاهش انرژی مصرفی با حفظ سطح تولید با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها و شاخص ESTR در شکل ۱۰ نشان داده‌شده است. مهم‌ترین نهاده‌هایی که دارای بیشترین پتانسیل در اغلب محصولات هستند عبارتند از سوخت گازوئیل و الکتریسیته. در محصول خیار سوخت گازوئیل پتانسیل بسیار زیادی دارد که نیاز است روش‌های کاهش آن در تحقیقات آتی مدنظر قرار گیرد. در مورد محصولات توت‌فرنگی و گل رز نیز نهاده الکتریسیته بیشترین پتانسیل صرفه‌جویی انرژی را دارد. اطلاع از پتانسیل نهاده‌هایی که صرفه‌جویی در آن‌ها امکان‌پذیر است می‌تواند اثربخشی مناسبی در تغییر رفتار تولیدکنندگان داشته باشد. مطمئناً فعالیت‌های ترویجی وسیعی برای نهادینه کردن نتایج به‌دست‌آمده از بخش تحقیقات مورد نیاز است. از آن‌جایی‌که تغییر رفتار مصرفی تولیدکنندگان به سهولت باعث تغییر میزان مصرف انرژی و بهبود الگوی مصرف انرژی خواهد شد، لذا ضروری است نهادهای متولی فعالیت‌های ترویجی بخش کشاورزی نتایج این‌گونه تحقیقات را در محتواهای آموزشی خود درج کنند.

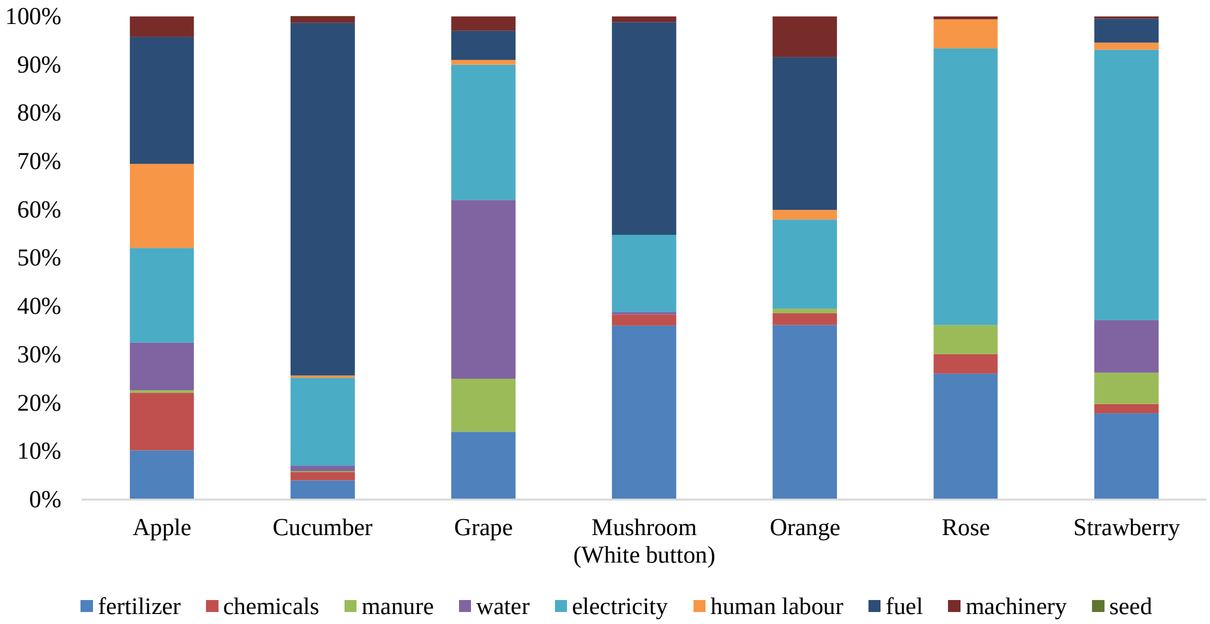
تعدادی از مطالعات تحلیل الگوی مصرف انرژی را بر مبنای نحوه کاشت و تولید محصول انجام داده‌اند. به‌عنوان‌مثال مقالاتی وجود دارد که کشت روش باز در مزرعه و کشت در محیط بسته گلخانه‌ای را مورد تحلیل قرار داده‌اند (Khoshnevisan *et al.*, 2014e). محققان در پژوهشی تولید محصول خیار در مزرعه و گلخانه را مقایسه کردند (Yousefi *et al.*, 2012). این‌گونه مطالعات نیز به شرطی که در یک منطقه واحد هر دو نوع روش کشت را مورد مقایسه قرار داده باشد می‌تواند نتایج ارزشمندی در اختیار خواننده قرار دهد. نتایج پژوهش فوق نشان داد میزان تولید محصول خیار در گلخانه ۲۵۰ و در مزرعه ۳۲ تن در هکتار بود، اما بهره‌وری انرژی در مزرعه حدود ۲۰ برابر بیشتر از گلخانه گزارش شد.

1- Technical efficiency
2- Pure technical efficiency
3- Scale efficiency
4- Energy saving target ratio
5- Tobit Model
6- Total Energy Saving



شکل ۹- شاخص‌های خروجی روش DEA در محصولات باغی و گلخانه‌ای

Fig.9. Output indicators of DEA method for greenhouse and orchard crops



شکل ۱۰- سهم هر یک از نهاده‌ها در نرخ ذخیره انرژی با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها

Fig.10. Share of each input in ESTR via DEA method

به دلیل تفاوت بسیار زیاد مقدار تولید محصول در این دو سامانه تولیدی، مقایسه شاخص انرژی ویژه که به‌صورت مگا ژول بر کیلوگرم است نتایج دقیق‌تری به دنبال دارد. مقدار انرژی ویژه کشت باز ۲/۳۸ و کشت گلخانه‌ای ۴۶/۸۴ مگاژول بر کیلوگرم است. بنابراین ضروری است اقدامات اصلاحی مؤثری برای کاهش انرژی ویژه در سامانه تولید گلخانه‌ای محصول خیار طراحی و اجرا شود. معمولاً محققین در

همین نقطه کار خود را متوقف می‌کنند و در اکثر موارد صرفاً به بیان پیشنهادهای بسیار کلی اکتفا می‌کنند. این در حالی است که در فرآیند تحلیل سامانه‌ها نیاز است پس از شناسایی مشکلات یک سامانه، پیشنهادهای اصلاحی مناسب تدوین‌شده و به‌منظور اجرا پیگیری شوند. پس از پیاده‌سازی پیشنهادهای اصلاحی، سامانه موردمطالعه مجدداً موردبررسی قرار گیرد و تأثیرات احتمالی اقدامات اصلاحی سنجیده شوند.

تحلیل الگوی اقتصادی سامانه‌های تولیدی

علاوه بر تحلیل الگوی مصرف انرژی، تحلیل‌های دیگری نیز در مقالات منتشرشده به انجام رسیده است. تحلیل مدل اقتصادی تولید محصولات در برخی مقالات با استفاده از تابع تولید کاب داگلاس انجام‌شده است (Royan *et al.*, 2012). به‌منظور مطالعه بخش اقتصادی سامانه‌های تولید محصولات باغی و گلخانه‌ای، تعدادی از مقالات به محاسبه شاخص‌های اقتصادی تولید با استفاده از روابط (۱۰) تا (۱۴) پرداخته‌اند (Tabatabaie *et al.*, 2013b; Taki *et al.*, 2013).

$$Total\ Production\ Value = Crop\ Yield\ (kg\ ha^{-1}) * Crop\ Price\ (\$\ kg^{-1}) \quad (۱۰)$$

$$Gross\ Return = Total\ Production\ Value(\$\ ha^{-1}) - Variable\ Cost(\$\ ha^{-1}) \quad (۱۱)$$

$$Net\ Return = TotalProduction\ Value(\$\ ha^{-1}) - Total\ Production\ Cost(\$\ ha^{-1}) \quad (۱۲)$$

$$Benefit\ to\ Cost\ Ratio = \frac{Total\ Production\ Value(\$\ ha^{-1})}{Total\ Production\ Cost(\$\ ha^{-1})} \quad (۱۳)$$

$$Productivity = \frac{Crop\ Yield\ (kg\ ha^{-1})}{Total\ Production\ Cost(\$\ ha^{-1})} \quad (۱۴)$$

تحلیل انتشارات زیست‌محیطی سامانه‌های تولیدی

موضوع کاهش انتشارات زیست‌محیطی به‌تدریج از سال ۲۰۱۳ وارد مقالات این حوزه شد. برخی محققان تأثیر بهینه‌سازی مصرف انرژی بر میزان کاهش انتشار دی‌اکسید کربن را در تولید خیار به روش گلخانه‌ای مورد مطالعه قرار دادند (Khoshnevisan *et al.*, 2013a). در این گروه از مطالعات، میزان پتانسیل گرمایش جهانی (GWP)[1] تولید محصول مورد مطالعه برای همه نهاده‌های تولیدی گزارش‌شده است. واحد مورد استفاده در GWP برای نهاده‌های مورد بررسی، معادل کیلوگرم دی‌اکسید کربن در هکتار است. برخی مقالات، نظام‌های بهره‌برداری مختلف را از نظر میزان GWP مورد مقایسه قرار دادند (Pishgar-Komleh *et al.*, 2013). آن‌ها اندازه‌های مختلف گلخانه‌های تولید خیار را مورد مقایسه قرار دادند تا تفاوت‌های معنی‌دار را شناسایی کنند. مقالات دیگری نیز وجود دارند که میزان انتشارات زیست‌محیطی را در سامانه‌های تولیدی در محیط باز (باغ) و محیط بسته (گلخانه) مورد مقایسه قرار داده‌اند.

محققان در پژوهشی تحلیل بسیار جامعی برای مقایسه سامانه‌های کشت باز و بسته توت‌فرنگی ارائه کردند (Khoshnevisan *et al.*, 2014b). آن‌ها برای اولین بار روش ارزیابی چرخه حیات (LCA)[2] را برای بررسی سامانه‌های تولید توت‌فرنگی ازنظر انتشارات زیست‌محیطی در مورد محصولات گلخانه‌ای مورداستفاده قراردادند. جدول ۶ سهم نهاده‌ها در انتشار گازهای گلخانه‌ای و میزان انتشارات در محصولات باغی و گلخانه‌ای را نشان می‌دهد. سهم نهاده‌ها در میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای و همچنین میزان انتشارات در محصولات باغی و گلخانه‌ای در جدول ۶ ارائه‌شده است.

بررسی نحوه انتخاب مکان و محصول موردمطالعه

به دلیل ماهیت مکان‌مبنا بودن مطالعات این حوزه، بررسی پراکنش جغرافیایی تحقیقات انجام‌شده می‌تواند تصویر مناسبی از روند آن در سطح کشور ایجاد کند. با توجه به ساختار تقاضای پژوهش در کشور و ماهیت تحقیقات حوزه تحلیل سامانه‌های کشاورزی، تعداد قابل‌توجهی از این تحقیقات تقاضامحور نیست و در قالب پایان‌نامه‌های کارشناسی ارشد انجام‌شده است. از آن‌جاکه هدف همه محققین بهبود سامانه‌های کشاورزی است، بهتر است انجام مطالعات در درجه اول دارای توزیع جغرافیایی مناسب در سطح کشور باشند، همچنین تناسبی هم با میزان اهمیت محصول و منطقه مورد مطالعه داشته باشد. اثربخشی مطالعات در این حوزه مستلزم رعایت این دو شرط است. بیشترین تعداد مطالعات به‌ترتیب در استان‌های اصفهان، گیلان، تهران و مازندران انجام‌شده است. این مطالعات تقریباً ۵۰ درصد کل مقالات را به خود اختصاص داده است. این در حالی است که استان‌های مازندران، کرمان، آذربایجان غربی، فارس و آذربایجان شرقی به‌ترتیب مهم‌ترین استان‌ها از نظر میزان تولید محصولات باغی هستند. به دلیل تقاضامحور نبودن پژوهش‌ها و عدم وجود شناخت کافی محققین از وضعیت تولید در بخش کشاورزی، عدم تناسب بین اهمیت استان‌ها و تعداد مطالعات انجام‌شده در آن‌ها دور از تصور نیست.

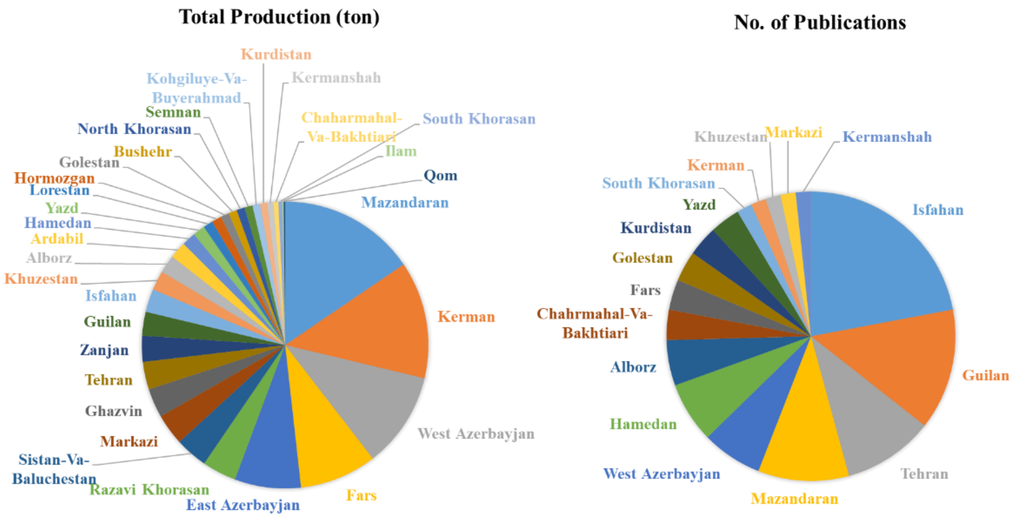
1- Global Warming Potential (GWP)

2- Life Cycle Assessment

جدول ٦– سهم نهاده‌ها در انتشار گازهای گلخانه‌ای و میزان انتشارات در محصولات باغی و گلخانه‌ای

Table 6- The share of inputs in greenhouse gas emissions and the amount of emissions in horticultural and greenhouse products

محصول Crop	گازهای گلخانه‌ای GHG: بر اساس زمین $kgCO_2/ha$ (land base)	گازهای گلخانه‌ای GHG: بر اساس جرم $kgCO_2/t$ (mass base)	نرخ نهاده‌ها در کل گازهای گلخانه‌ای ٪ Inputs ratio in total GHG%: نیروی انسانی Human	کود دامی Manure	ماشین Machinery	سوخت Fuel	الکتریسیته Electricity	آب Water	سموم شیمیایی Chemicals	کود Fertilizer	منبع Ref.
بادام Almond	4047.43	-	-	-	6.4	79.99	4.41	-	1.71	7.49	(Salehi *et al.*, 2016)
سیب Apple	1195.79	-	-	-	17	38	4	-	31	10	(Taghavifar and Mardani, 2015)
خیار Cucumber	46835.45	244.93	-	14	2.22	56.91	28.93		2.79	3.46	(Bolandnazar *et al.*, 2014; Khoshnevisan *et al.*, 2013a; Khoshnevisan *et al.*, 2014e; Pishgar-Komleh *et al.*, 2013)
انگور Grape	858.62		-	-	0	13	42	-	2	43	(Mardani and Taghavifar, 2016)
کیوی Kiwifruit	2914.49	152.18	-	0.31	9.20	12.32	8.66	-	0.57	19.49	(Nabavi-Pelesaraei *et al.*, 2016; Nikkhah *et al.*, 2015; Nikkhah *et al.*, 2016)
پرتقال Orange	801	-	-	-	0.20	0.32	0.04	-	0.02	0.38	(Nabavi-Pelesaraei *et al.*, 2014)
فلفل دلمه‌ای Bell Pepper	14390850	-	-	-	0.2	84.7	14.4	-	-	0.7	(Yousefi, 2013)
انار Pomegranate	6513.98	-	12.24	5.59	0.57	6.76	-	2.76	66.24	7.13	(Houshyar *et al.*, 2017)
توت‌فرنگی Strawberry	17943.45	640	-	-	5.1	25.3	31.85	-	12.55	25.2	(Khoshnevisan *et al.*, 2014b; c; Khoshnevisan *et al.*, 2014d)
گوجه‌فرنگی Tomato	24958.79	-	-	-	2.81	31.83	8.78	-	0.58	6.32	(Khoshnevisan *et al.*, 2014e; Khoshnevisan *et al.*, 2015; Taki *et al.*, 2013)



شکل ۱۱– مقایسه وضعیت تولید محصولات باغی و تعداد مقالات منتشرشده برحسب استان

Fig.11. Comparison of horticultural production status and number of publications by province

انتخاب نوع محصول و محل انجام مطالعات در این حوزه بهتر است بر اساس اهمیت محصول و استان باشد تا بتواند اثربخشی مناسبی در بخش کشاورزی داشته باشد. به‌عنوان‌مثال استان کرمان اهمیت بسیار زیادی در تولید محصولات باغی دارد اما تعداد مطالعات انجام‌شده در آن بسیار کم است. شکل ۱۱ میزان تولید محصول و تعداد مقالات منتشرشده در هر استان در بازه سال‌های ۲۰۰۸–۲۰۱۸ را نشان می‌دهد.

در اکثر مقالات بررسی‌شده، یک محصول در هر مقاله مورد مطالعه قرارگرفته است. اما در این میان تعداد اندکی از مقالات نیز وجود دارد

که در مطالعه خود بیش از یک محصول را مورد بررسی قرار داده‌اند (Namdari *et al.*, 2011b).

بررسی روش‌های جمع‌آوری داده

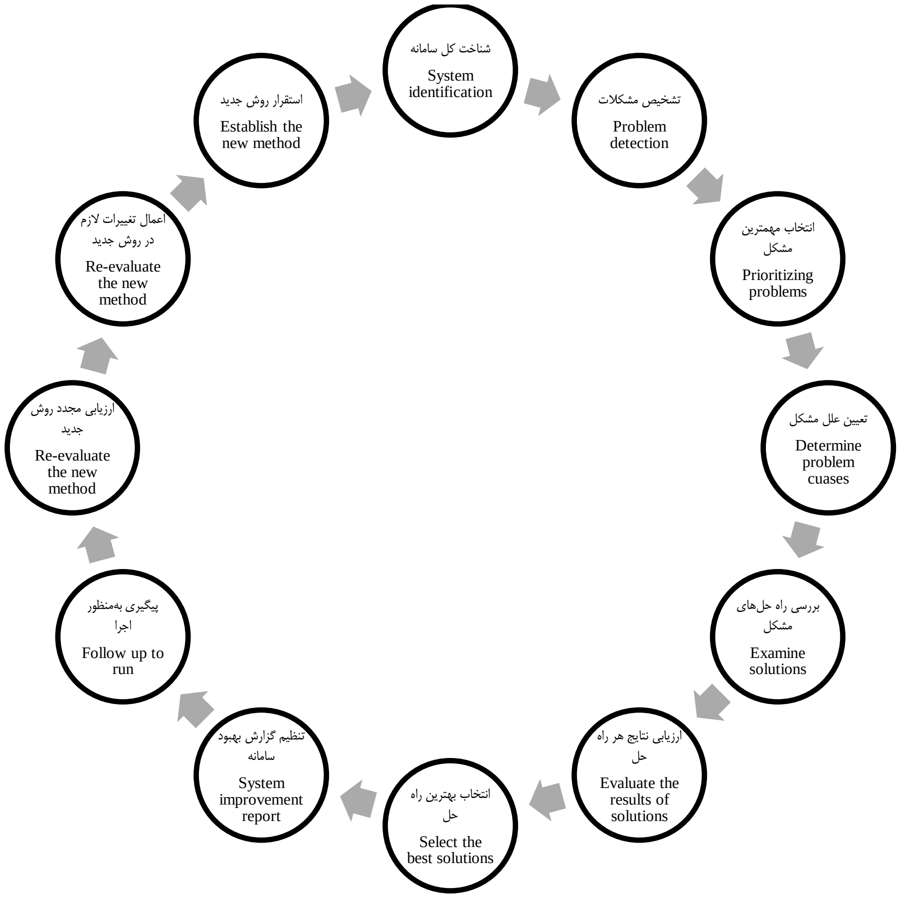
در اغلب مطالعات انجام‌شده، مشخصات جغرافیایی منطقه موردمطالعه و روش جمع‌آوری داده‌ها، که در اکثر قریب به‌اتفاق مطالعات روش پرسشنامه است، معرفی‌شده است. اما مشخصات بهره‌برداران و سامانه‌های تولیدی حاکم بر مناطق مورد مطالعه کمتر موردتوجه محققان بوده است. از آن‌جایی که الگوی مصرف انرژی در بخش کشاورزی تا حد قابل‌توجهی تابع رفتار بهره‌برداران و مشخصات سامانه‌ها و روش‌های تولید محصول است، به‌نظر می‌رسد توجه به این عوامل برای آماده‌سازی و طراحی هرگونه بهبود فرآیند در یک سامانه تولیدی ضروری است. این موضوع با توجه به وجود تنوع بسیار زیاد بین مشخصات سامانه‌های بهره‌برداری در یک محصول واحد، از حساسیت بیشتری برخوردار است. بنابراین به نظر می‌رسد نیاز است محققان در مطالعات آتی توجه کافی به این موضوع داشته باشند تا امکان اثربخشی مطالعات این حوزه افزایش یابد. در این‌گونه مطالعات، معمولاً با استفاده از پرسشنامه، انواع نهاده‌های مورد استفاده در فرآیند تولید محصول موردمطالعه ذکرشده و از طریق مراجعه و استفاده از روش مصاحبه رودررو مقدار نهاده مصرف‌شده توسط بهره‌بردار مورد پرسش قرار می‌گیرد. بهره‌برداران نیز اکثراً با توجه به سوابق ذهنی خود مقدار نهاده مصرفی را اعلام می‌کنند. اکثراً به دلیل عدم وجود داده‌های ثبت‌شده، میزان صحت داده‌های جمع‌آوری‌شده خالی از ابهام نیست. شایسته است محققان حداقل در مواردی که امکان اندازه‌گیری میدانی وجود دارد، برای بخشی از نمونه‌های موردبررسی میزان مصرف نهاده را شخصاً اندازه‌گیری نمایند تا از صحت داده‌های جمع‌آوری‌شده از طریق پرسشنامه اطمینان کافی به عمل آید.

بررسی روش تحلیل سامانه

چنانچه کشاورزی را یک سامانه[1] فرض کنیم، برای بهبود این سامانه اقدامات و مراحل متعددی باید انجام شود. همان‌طور که در شکل ۱۲ نشان داده‌شده است برای بهبود یک سامانه نیاز به یک چرخه اصلاحی وجود دارد. جمع‌آوری داده‌های مربوط به چگونگی و میزان مصرف نهاده‌ها در تولید یک محصول، مرحله اول چرخه تحلیل سامانه محسوب می‌شود که در آن رفتار سامانه مورد شناسایی قرار می‌گیرد. در هر چرخه تحلیل سامانه، یک مشکل بر اساس اولویت اهمیت مشکلات موجود انتخاب می‌شود و اقدامات بهبوددهنده برای آن مشکل تا حصول نتیجه دنبال می‌شود. پس از شناسایی الگوی مصرف نهاده‌ها و محاسبه شاخص‌های انرژی برخی از مقالات با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها، واحدهای تولیدی را با یکدیگر مقایسه کرده‌اند. این اقدام منجر به شناسایی مشکلات احتمالی در الگوی مصرف نهاده‌ها می‌شود. اما معمولاً مطالعات در این نقطه به پایان می‌رسد و صرفاً برخی توصیه‌های کلی که اکثراً حاصل از انجام مطالعات مشخص نیست به کشاورزان توصیه می‌شود. این‌گونه توصیه‌ها معمولاً توسط کشاورزان قابل‌اجرا نیست، زیرا معمولاً حالت کلی داشته و بدون در نظر گرفتن شرایط خاص کشاورزان مطرح می‌شود. نیازی که در این حوزه مطالعاتی بسیار محسوس است پرداختن به رفع مشکلات مربوط به الگوی مصرف نهاده توسط واحدهای تولیدی است. بهتر است پس از شناسایی گلوگاه‌ها، علل بروز مشکلات شناسایی‌شده و برای رفع آن‌ها راه‌حل‌هایی پیشنهاد شود. پس از بررسی راه‌حل‌های ممکن برای رفع یک مشکل در الگوی مصرف انرژی، نتایج هر یک از راه‌حل‌ها بایستی مورد ارزیابی قرار گیرد و بهترین راه‌حل انتخاب شود. راه‌حل‌هایی که برای اصلاح الگوی مصرف نهاده در فرآیند تولید محصولات کشاورزی مطرح می‌شود معمولاً مربوط به روش یا فناوری مورداستفاده در به‌کارگیری نهاده‌هاست. بنابراین روش جدید باید توسط محققین در تعدادی از باغ‌ها یا گلخانه‌ها به‌کار گرفته شود و نتایج آن با روش قبلی مورد استفاده کشاورزان مقایسه شود. روش جدید پس از استفاده مورد ارزیابی مجدد قرار می‌گیرد و در صورت نیاز تغییرات لازم در آن اعمال می‌شود. پس از استقرار موفق روش جدید، سامانه مورد مطالعه دوباره باید ارزیابی شود و مشکلات آن شناسایی شود. سپس همانند چرخه قبلی، مشکلی که در رده دوم اهمیت قرار دارد موردتوجه قرارگرفته و اقدامات اصلاحی آن دنبال می‌شود. بنابراین می‌توان این‌گونه جمع‌بندی کرد که تحقیقات مربوط به الگوی مصرف انرژی نباید به‌صورت ایستا باشد. در وضعیت کنونی در یک مقطع زمانی،

1- System

الگوی مصرف نهاده‌ها توسط محقق جمع‌آوری می‌شود و همین الگو با استفاده از ضرایب هم‌ارز انرژی و هزینه و زیست‌محیطی گزارش می‌شود. درحالی‌که برای اثربخش بودن، این‌گونه مطالعات بهتر است به‌صورت پویا و حداقل دو یا چندساله انجام شود. در سال اول الگوی مصرف نهاده استخراج شود و پس از انجام مداخلات اصلاح‌کننده الگوی مصرف، تأثیر این مداخلات در سال‌های بعد مورد ارزیابی قرار گیرد. روش‌های تحلیل پوششی داده‌ها و الگوریتم ژنتیک چندهدفه می‌تواند برای تدوین راهکارهای بهبود الگوی مصرف نهاده به‌خوبی مورد استفاده قرار گیرد.

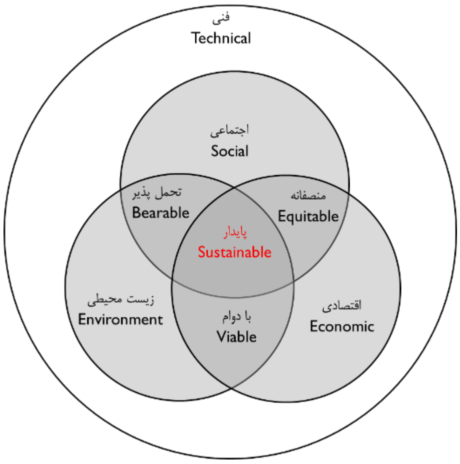


شکل ۱۲- چرخه تحلیل سامانه
Fig.12. System analysis cycle

بررسی ابعاد تحلیل سامانه

با بررسی مقالات منتشرشده مشخص شد که محققان الگوی مصرف نهاده در باغ‌ها و گلخانه‌های محصولات مختلف را ازنظر انرژی، اقتصادی و زیست‌محیطی مورد تحلیل قرار داده‌اند. بدون شک دست‌یابی به کشاورزی پایدار مهم‌ترین هدف تحقیق در این حوزه است. اما موضوع مهمی که مغفول مانده است بعد اجتماعی سامانه‌های باغی و گلخانه‌ای است. همچنین ابعاد فنی نیز همانند بعد اجتماعی در بسیاری از تحقیقات مغفول مانده است. بسیاری از اشکالات موجود در الگوی مصرف نهاده که توسط محققان گزارش‌شده است معلول مسائل فنی، فناوری و اجتماعی است. فرضیه‌سازی درباره علل بروز مشکلات در سامانه‌های باغی و گلخانه‌ای موضوعی است که در تحقیقات به‌طور جدی مدنظر محققان قرار نگرفته است. تعریف فرضیات ممکن درباره علل وجود مشکلات احتمالی در سامانه‌ها می‌تواند به محققان کمک کند تا با آزمون این فرضیات و اثبات علل بروز مشکلات، به رفع آن‌ها بپردازند. علاوه بر عوامل فنی حاکم بر سامانه‌ها، عوامل اجتماعی و بعضاً اقتصادی در تصمیمات کشاورزان در تمام طول زنجیره تأمین محصولات اثرگذار است که بهتر است مورد مطالعه قرار گیرد (شکل ۱۳). علاوه بر این مرز سامانه‌های مورد بررسی در اکثر تحقیقات انجام‌شده، به‌غیراز تعدادی از مطالعات زیست‌محیطی، بسیار محدود است. بهبود الگوی مصرف نهاده ممکن است تا حدی بر وضعیت

کشاورزی اثرگذار باشد اما چنانچه هدف نیل به کشاورزی پایدار مدنظر باشد باید مرز تحلیل سامانه به کل زنجیره تأمین محصولات گسترده شود. افزایش مرز تحلیل سامانه‌ها از تأمین نهاده تا مصرف محصول توسط مصرف‌کننده (چند مقیاسه) می‌تواند اثرات سازنده‌ای در بهبود وضعیت تولید محصولات و حرکت به سمت توسعه پایدار داشته باشد.



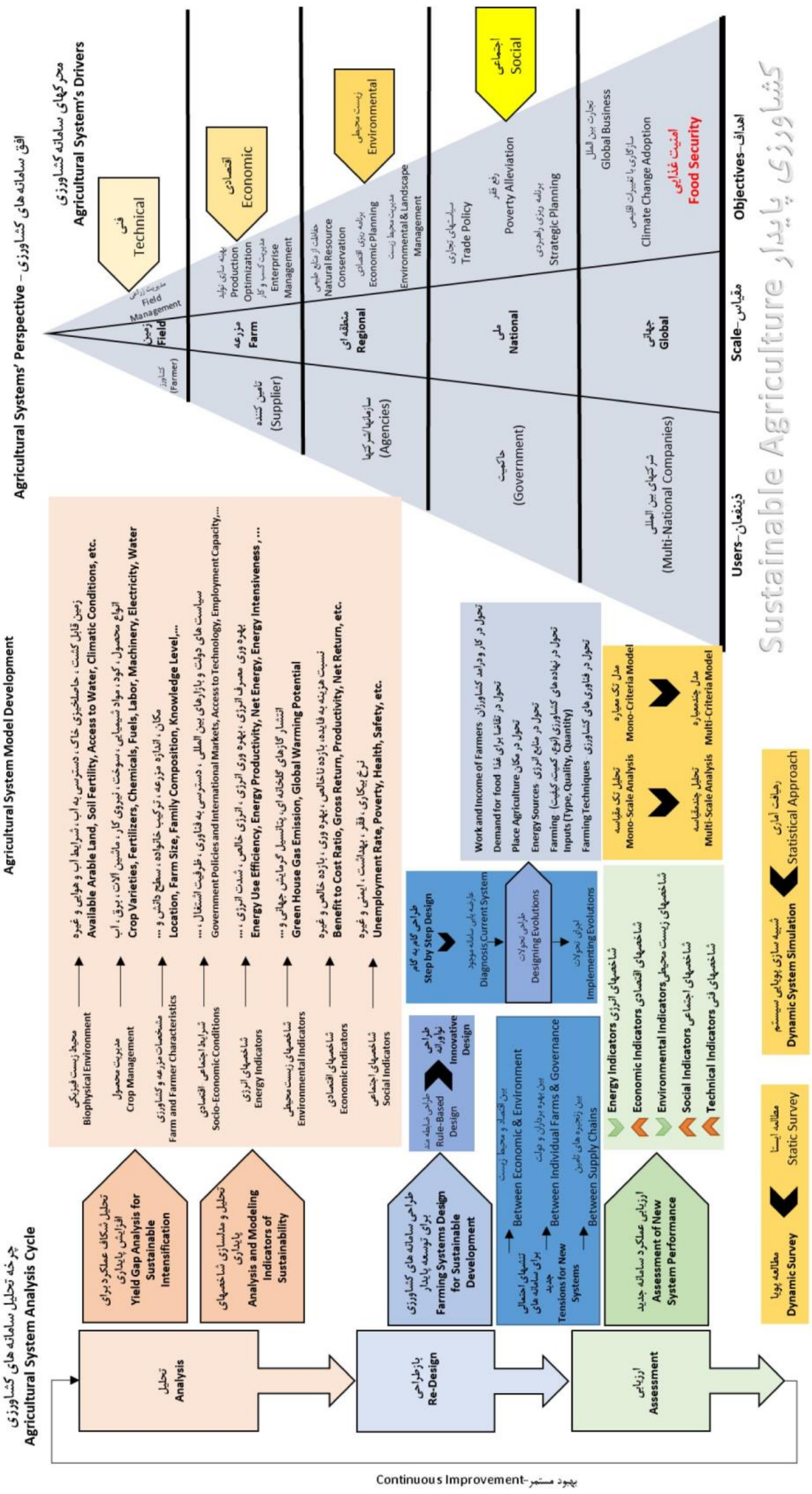
شکل ۱۳- ابعاد تحلیل سامانه‌ها

Fig.13. Systems analysis aspects

الزامات رویه جدید در مطالعات سامانه‌های کشاورزی

بررسی چالش‌های موجود در مطالعات پیشین، ضرورت ایجاد و به‌کارگیری رویه‌های جدید در تحلیل و مدل‌سازی سامانه‌های کشاورزی را بیش از پیش نشان داد. لذا در این بخش الزامات یک رویه جدید در تحقیقات این حوزه معرفی‌شده است (شکل ۱۴). تحلیل سامانه‌های کشاورزی باید به‌صورت یک چرخه شامل سه مرحله تحلیل، بازطراحی و ارزیابی باشد که به‌صورت مستمر در سامانه تکرار شود. برای تحلیل سامانه ابتدا شکاف عملکرد سامانه در وضعیت فعلی با وضعیت پایدار تحلیل می‌شود. سپس شاخص‌های پایداری تحلیل و مدل‌سازی می‌شود. برای تحلیل از شاخص‌های جامع که تمام ابعاد سامانه را در نظر بگیرند استفاده می‌شود. این شاخص‌ها می‌توانند حداقل شامل گروه‌های زیر باشد: نحوه مدیریت محصول، مشخصات مزرعه و کشاورز، مشخصات محیط‌زیست فیزیکی، شرایط کلان اقتصادی و اجتماعی، شاخص‌های انرژی، شاخص‌های زیست‌محیطی، شاخص‌های اقتصادی، شاخص‌های اجتماعی، شاخص‌های فنی و غیره. ترکیب همه شاخص‌های فوق درجه پایداری یک سامانه کشاورزی را مشخص می‌کند. پس از شناسایی وضعیت فعلی سامانه ازنظر میزان پایداری، طراحی جدیدی برای سامانه انجام می‌شود. رویکردهای طراحی سامانه جدید باید از حالت طراحی‌های ضابطه‌مند به طراحی‌های نوآورانه تغییر یابد تا بتواند زمینه حرکت به سمت سامانه پایدار را امکان‌پذیر کند (Beza *et al.*, 2017). در این مرحله طراحی گام‌به‌گام روش مناسبی محسوب می‌شود. در این روش سامانه موجود با توجه به شاخص‌های مورد بررسی عارضه‌یابی می‌شود. سپس برای بهبود وضعیت شاخص‌ها، فرضیه‌سازی می‌شود تا علل احتمالی بروز مشکلات در سامانه مشخص شود. سپس برای رفع این عارضه‌ها، طراحی‌های جدید در سامانه انجام می‌شود. این طراحی‌های جدید می‌تواند منشأ تحولاتی در زمینه کار و درآمد کشاورزان، تقاضا برای تولیدات کشاورزی و غذا، مکان تولید، منابع انرژی، کمیت و تنوع و کیفیت نهاده‌های کشاورزی و به‌طورکلی فناوری‌های مورد استفاده در تولید باشد. در اجرای این تغییرات، ممکن است تنش‌هایی بین اقتصاد و محیط‌زیست، بهره‌برداران کشاورزی و دولت، و همچنین بین زنجیره‌های تولید رخ دهد. محققان باید راهکارهای مناسبی برای کاهش این تنش‌ها طراحی کنند تا تأثیر اقدامات اصلاحی در سامانه تحت‌الشعاع این تنش‌ها قرار نگیرند. پس از اجرای تغییرات پیشنهادشده، عملکرد سامانه جدید مجدداً ازنظر شاخص‌های فنی، انرژی، اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. در صورت نیاز به اصلاح مجدد برخی اقدامات انجام‌شده، تغییرات جدیدی اعمال می‌شود تا اثربخشی اقدامات افزایش یابد. این چرخه به‌صورت مستمر انجام می‌شود تا اثربخشی اقدامات در عمل در سامانه تثبیت شود.

هرگونه تحلیل و مدل‌سازی سامانه‌های کشاورزی باید از حالت تک معیاره به چندمعیاره تغییر یابد. مطالعات و نمونه‌برداری‌ها نیز از حالت ایستا و مقطعی به حالت پویا و مداوم باید تغییر کند. مرز مطالعات نیز از حالتی که فقط در مقیاس مزرعه انجام می‌شود به حالت چند مقیاسه تغییر یابد. به‌این‌ترتیب که مطالعه در سطح منطقه و ملی در مورد یک محصول انجام شود.



شکل ۱٤ – الزامات مطالعات تحلیلی و مدل‌سازی سامانه‌های کشاورزی

Fig.14. Requirements for analytical studies and modeling of agricultural systems

مهم‌ترین هدف سامانه‌های کشاورزی امنیت غذایی است. دست‌یابی به امنیت غذایی صرفاً در مقیاس مزرعه محقق نمی‌شود و اهداف سایر ذینفعان سامانه‌های کشاورزی در سایر مقیاس‌ها مانند تأمین‌کنندگان، سازمان‌ها، شرکت‌ها، حاکمیت و شرکت‌های بین‌المللی نیز باید در هنگام طراحی تغییرات در سامانه‌ها مدنظر محققان قرار بگیرد.

محدودیت‌های تحلیل سامانه‌ها

داده‌برداری

نمونه‌برداری معمولاً سخت‌ترین و پرهزینه‌ترین بخش از انجام مطالعات سامانه‌های کشاورزی است. در این مرحله، محدودیت‌هایی وجود دارد که نیاز به اهتمام بیشتر محققان این حوزه دارد. موضوع اول انجام پیش‌آزمون و محاسبه واریانس جامعه از طریق نمونه‌برداری اولیه است که بسیار مهم است و بعضاً در برخی از موارد رعایت نمی‌شود. به دلیل بزرگی جوامع آماری بهره‌برداران بخش کشاورزی و تنوع مشخصات سامانه‌های تولیدی، تعداد نمونه موردنیاز بسیار زیاد است. با بررسی مطالعات این حوزه مشخص شد که در برخی موارد تعداد نمونه موردنیاز توسط برخی محققان جمع‌آوری نمی‌شود. ازآن‌جایی‌که معمولاً از روش مصاحبه و تکمیل پرسشنامه برای جمع‌آوری میزان مصرف نهاده توسط بهره‌برداران استفاده می‌شود، صحت داده‌های به‌دست‌آمده معمولاً از دقت کافی برخوردار نیست. ازاین‌رو به نظر می‌رسد بهتر است در تعدادی از موارد، محققان اقدام به اندازه‌گیری میزان مصرف نهاده‌ها نمایند تا انحراف در نتایج به حداقل برسد.

چرخه تحلیل سامانه

اطلاع از وضعیت شاخص‌های انرژی، اقتصادی و زیست‌محیطی به‌تنهایی برای اصلاح وضعیت سامانه‌های تولید محصولات کشاورزی کافی نیست. انجام اقدامات اصلاحی در سامانه‌های مورد بررسی و مطالعه اثرات این مداخلات گام بسیار مهمی است که در مطالعات این حوزه دیده نمی‌شود. ازاین‌رو یکی از محدودیت‌های بسیار محسوس در مطالعه سامانه‌های کشاورزی استفاده از چرخه تحلیل سامانه است که می‌تواند مطالعات را از حالت یک گزارش محدود، به تحقیقات اثربخش و مؤثر تبدیل کند. بهتر است داده‌برداری از حالت ایستا به حالت پویا تغییر پیدا کند و اثر مداخلات در بازه‌های چندساله موردمطالعه قرار گیرد.

نتیجه‌گیری

مطالعه سامانه‌های کشاورزی چند سالی است موضوع پژوهش تعدادی از محققین رشته مهندسی مکانیزاسیون کشاورزی در ایران است. در طول بیش از یک دهه، فعالیت‌های دامنه‌داری در این حوزه صورت گرفته است. در پژوهش حاضر روند شکل‌گیری و تکامل این مطالعات در حوزه محصولات باغی و گلخانه‌ای مورد بررسی قرار گرفت. به نظر می‌رسد تحلیل سامانه‌های تولیدی بخش کشاورزی هنوز به بلوغ نرسیده است. تجزیه‌وتحلیل یک سامانه برای آن‌که بتواند اثربخشی محسوسی در آن سامانه داشته باشد از چندین مرحله تشکیل می‌شود. پس از بررسی مطالعات انجام‌شده، مشخص شد که این‌گونه مطالعات هنوز در ابتدای مسیر است و نیاز به انجام اقدامات تکمیلی دارد. تجزیه‌وتحلیل یک سامانه به‌صورت یک چرخه طراحی و اجرا می‌شود تا اشکالات موجود در سامانه را پس از شناسایی و اولویت‌بندی با طراحی و اتخاذ اقدامات اصلاحی، به‌تدریج رفع کند. سپس در این چرخه، اثرات اقدامات اصلاحی موردسنجش قرار می‌گیرد تا گام‌های بعدی را میسر کند. بنابراین بهبود سامانه‌های تولیدی بخش کشاورزی درواقع باید به‌صورت مستمر و در قالب یک چرخه بهبوددهنده اجرایی شود. اکثر مطالعات انجام‌شده صرفاً به گزارش وضعیت فعلی سامانه‌های تولیدی پرداخته‌اند. الگوی مصرف انرژی، وضعیت شاخص‌های اقتصادی و میزان انتشارات زیست‌محیطی در این‌گونه مطالعات موردتوجه محققان بوده است. موضوع بسیار مهمی که معمولاً از چشم محققان این حوزه به دورمانده است، فرضیه‌سازی و بررسی علل بروز رفتار سامانه تولیدی به‌صورت یک الگوی مصرف انرژی یا جنبه‌های اقتصادی و زیست‌محیطی آن است. به نظر می‌رسد ورود روش‌های شبیه‌سازی و بهینه‌سازی چندهدفه به‌منظور مطالعه عوامل مؤثر در وضعیت سامانه‌های تولیدی می‌تواند به اثربخشی این‌گونه مطالعات کمک کند. انجام مطالعات به‌صورت پویا نیز پیشنهاد دیگری است که می‌تواند رفتار سامانه‌های تولیدی را بهتر نشان دهد. مطالعات انجام‌شده معمولاً به‌صورت ایستا و در یک مقطع زمانی خاص انجام‌شده است که قاعدتاً نمی‌تواند معرف خوبی از ویژگی‌های یک سامانه تولیدی باشد. همچنین تأثیر مداخلات پیشنهادشده بهتر است به‌صورت عملی در سال‌های متوالی موردمطالعه قرار گیرد. علاوه بر این، موضوع حجم و روش نمونه‌برداری و جمع‌آوری داده‌های عملکردی سامانه‌های تولیدی محل اشکال است، زیرا در اکثر پژوهش‌های بررسی‌شده، استانداردهای نمونه‌برداری رعایت نشده است. برای بهبود سامانه‌های موردمطالعه ازنظر الگوی انرژی، اقتصادی و زیست‌محیطی، نیاز به اقدامات اصلاحی وجود دارد که در اغلب پژوهش‌ها مغفول مانده است. در مطالعاتی که با روش تحلیل پوششی داده‌ها انجام‌شده است، اطلاعات ارزشمندی تولیدشده است که میزان صرفه‌جویی در مصرف انرژی نهاده‌ها را متذکر می‌شود. اما روش

صرفه‌جویی از نظر اجرایی در این مطالعات مورد اشاره قرار نگرفته است که بهتر است در پژوهش‌های آتی به‌صورت کاربست اجرایی به کشاورزان پیشنهاد شود. مطمئناً هدف نهایی همه تولیدکنندگان، سیاست‌گذاران، فعالان و محققان این حوزه، دست‌یابی به توسعه پایدار در بخش کشاورزی است. بخش مهمی از پایداری، توجه به عوامل اجتماعی در سامانه‌های تولیدی است. بررسی پژوهش‌های انجام‌شده نشان می‌دهد که این بخش در تحلیل سامانه‌های کشاورزی نادیده گرفته‌شده است. به دلیل وجود تعداد زیاد بهره‌برداران و تأثیری که ویژگی‌های اجتماعی آنان در الگوی مصرف انرژی دارد، نیاز است این عوامل نیز در تحلیل سامانه‌های کشاورزی مدنظر محققان قرار گیرد.

References

1. Anonymous. 2017. The results of the survey of the country's horticulture. Tehran: Statistics Center of Iran. Report no.
2. Asakereh, A., M. J. Shiekhdavoodi, M. Almassi, and M. Sami. 2010. Effects of mechanization on energy requirements for apple production in Esfahan province, Iran. African Journal of Agricultural Research 5: 1424-1429.
3. Banaeian, N., and M. Zangeneh. 2011a. Estimating production function of walnut production in iran using cobb-douglas method. Agricultura Tropica Et Subtropica 44: 177-189.
4. Banaeian, N., and M. Zangeneh. 2011b. Modeling energy flow and economic analysis for walnut production in Iran. Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology 3: 194-201.
5. Banaeian, N., M. Zangeneh, and M. Omid. 2010. Energy use efficiency for walnut producers using Data Envelopment Analysis (DEA). Australian Journal of Crop Science 4: 359-362.
6. Banaeian, N., M. Omid, and H. Ahmadi. 2011. Energy and economic analysis of greenhouse strawberry production in Tehran province of Iran. Energy Conversion and Management 52: 1020-1025. https://doi.org/10.1016/j.enconman.2010.08.030
7. Banaeian, N., M. Zangeneh, and S. Clark. 2020. Trends and Future Directions in Crop Energy Analyses: A Focus on Iran. Sustainability 12: 10002. https://doi.org/10.3390/su122310002
8. Beza , E., J. V. Silva, L. Kooistra, and P. Reidsma. 2017. Review of yield gap explaining factors and opportunities for alternative data collection approaches. European Journal of Agronomy 82: 206-222. https://doi.org/10.1016/j.eja.2016.06.016
9. Bolandnazar, E., A. Keyhani, and M. Omid. 2014. Determination of efficient and inefficient greenhouse cucumber producers using Data Envelopment Analysis approach, a case study: Jiroft city in Iran. Journal of Cleaner Production 79: 108-115. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.05.027
10. Cochrane. 2021. Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions version 6.2 (updated February 2021).
11. Farashah, H. R., S. A. Tabatabaeifar, A. Rajabipour, and P. Sefeedpari. 2013. Energy Efficiency Analysis of White Button Mushroom Producers in Alburz Province of Iran: A Data Envelopment Analysis Approach. Open Journal of Energy Efficiency 2: 65-74. DOI: 10.4236/ojee.2013.22010
12. Ghatrehsamani, S., R. Ebrahimi, S. N. Kazi, A. Badarudin Badry, and E. Sadeghinezhad. 2016. Optimization model of peach production relevant to input energies- Yield function in Chaharmahal va Bakhtiari province, Iran. Energy 99: 315-321. https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.07.078
13. Houshyar, E., M. Mahmoodi-Eshkaftaki, and H. Azadi. 2017. Impacts of technological change on energy use efficiency and GHG mitigation of pomegranate: Application of dynamic data envelopment analysis models. Journal of Cleaner Production 162: 1180-1191. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.06.152
14. Karimi, M., and H. Moghaddam. 2018. On-farm energy flow in grape orchards. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences 17 (2): 191-194. https://doi.org/10.1016/j.jssas.2016.04.002
15. Khoshnevisan, B., S. Rafiee, M. Omid, and H. Mousazadeh. 2013a. Reduction of CO_2 emission by improving energy use efficiency of greenhouse cucumber production using DEA approach. Energy 55: 676-682. https://doi.org/10.1016/j.energy.2013.04.021
16. Khoshnevisan, B., S. Rafiee, M. Omid, M. Yousefi, and M. Movahedi. 2013b. Modeling of energy consumption and GHG (greenhouse gas) emissions in wheat production in Esfahan province of Iran using artificial neural networks. Energy 52: 333-338. https://doi.org/10.1016/j.energy.2013.01.028
17. Khoshnevisan, B., S. Rafiee, and H. Mousazadeh. 2014a. Application of multi-layer adaptive neuro-fuzzy inference system for estimation of greenhouse strawberry yield. Measurement 47: 903-910. https://doi.org/10.1016/j.measurement.2013.10.018
18. Khoshnevisan, B., S. Rafiee, and H. Mousazadeh. 2014b. Environmental impact assessment of open field and greenhouse strawberry production. European Journal of Agronomy 50: 29-37.

https://doi.org/10.1016/j.eja.2013.05.003
19. Khoshnevisan, B., S. Rafiee, and H. Mousazadeh. 2014c. Application of multi-layer adaptive neuro-fuzzy inference system for estimation of greenhouse strawberry yield. Measurement 47: 903-910. https://doi.org/10.1016/j.measurement.2013.10.018
20. Khoshnevisan, B., H. M. Shariati, S. Rafiee, and H. Mousazadeh. 2014d. Comparison of energy consumption and GHG emissions of open field and greenhouse strawberry production. Renewable and Sustainable Energy Reviews 29: 316-324. https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.08.098
21. Khoshnevisan, B., S. Rafiee, M. Omid, H. Mousazadeh, and S. Clark. 2014e. Environmental impact assessment of tomato and cucumber cultivation in greenhouses using life cycle assessment and adaptive neuro-fuzzy inference system. Journal of Cleaner Production 73: 183-192. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.09.057
22. Khoshnevisan, B., S. Rafiee, J. Iqbal, S. Shamshirband, M. Omid, N. B. Anuar, and A. W. Abdul Wahab. 2015. A comparative study between artificial neural networks and adaptive neuro-fuzzy inference systems for modeling energy consumption in greenhouse tomato production: A case study in isfahan province. Journal of Agricultural Science and Technology 17 (1): 49-62.
23. Khoshroo, A., R. Mulwa, A. Emrouznejad, and B. Arabi. 2013. A non-parametric Data Envelopment Analysis approach for improving energy efficiency of grape production. Energy 63: 189-194. https://doi.org/10.1016/j.energy.2013.09.021
24. Loghmanpour Zarini, R., H. Yaghoubi, and A. Akram. 2013. Energy use in citrus production of mazandaran province in iran. African Crop Science Journal 21: 61-65.
25. M. Yousefi, M. O., Sh. Rafiee, and B. Khoshnevisan. 2013. Modeling GHG emission and energy consumption in selected greenhouses in Iran. Energy and environment 4: 511-518.
26. Mahmoudi, N., M. Almassi, A. M. Borghei, M. Ghahderijani, and M. R. Asadi Asad Abad. 2012. Estimation of energy consumption indicators in pistachio production of Khatam cityYazd state. Advances in Environmental Biology 6: 1740-1744.
27. Mardani, A., and H. Taghavifar. 2016. An overview on energy inputs and environmental emissions of grape production in West Azerbayjan of Iran. Renewable and Sustainable Energy Reviews 54: 918-924. https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.073
28. Mohammadi, A., and M. Omid. 2010. Economical analysis and relation between energy inputs and yield of greenhouse cucumber production in Iran. Applied Energy 87: 191-196. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2009.07.021
29. Mohammadi, A., S. Rafiee, S. S. Mohtasebi, and H. Rafiee. 2010. Energy inputs – yield relationship and cost analysis of kiwifruit production in Iran. Renewable Energy 35: 1071-1075. https://doi.org/10.1016/j.renene.2009.09.004
30. Mohammadshirazi, A., A. Akram, S. Rafiee, S. H. Mousavi Avval and E. Bagheri Kalhor. 2012. An analysis of energy use and relation between energy inputs and yield in tangerine production. Renewable and Sustainable Energy Reviews 16: 4515-4521. https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.04.047
31. Moher, D., A. Liberati, J. Tetzlaff, and D. G. Altman. 2009. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. Annals of Internal Medicine 151: 264-269. *doi:* https://doi.org/10.1136/bmj.b2535
32. Mohseni, P., A. M. Borgheei, and M. Khanali. 2019. Energy Consumption Analysis and Environmental Impact Assessment of Grape Production in Hazavah Region of Arak City. Journal of Agricultural Machinery 9: 177-193. (In Persian). http://dx.doi.org/10.22067/jam.v9i1.67645
33. Mousavi-Avval, S. H., A. Mohammadi, S. Rafiee, and A. Tabatabaeefar. 2012. Assessing the technical efficiency of energy use in different barberry production systems. Journal of Cleaner Production 27: 126-132. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.01.014
34. Munn, Z., M. D. J. Peters, C. Stern, C. Tufanaru, A. McArthur, and E. Aromataris. 2018. Systematic review or scoping review? Guidance for authors when choosing between a systematic or scoping review approach. BMC Medical Research Methodology 18: 143.
35. Nabavi-Pelesaraei, A., R. Abdi, S. Rafiee, and H. G. Mobtaker. 2014. Optimization of energy required and greenhouse gas emissions analysis for orange producers using data envelopment analysis approach. Journal of Cleaner Production 65: 311-317. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.08.019
36. Nabavi-Pelesaraei, A., S. Rafiee, H. Hosseinzadeh-Bandbafha, and S. Shamshirband. 2016. Modeling energy consumption and greenhouse gas emissions for kiwifruit production using artificial neural networks. Journal of Cleaner Production 133: 924-931. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.05.188
37. Namdari, M., A. Asadi Kangarshahi, and N. Akhlaghi Amiri. 2011a. Econometric Model Estimation and Sensitivity Analysis of Input for mandarin Production in Mazandaran Province of Iran. Research Journal of

Applied Sciences, Engineering and Technology 3: 464-470.
38. Namdari, M., A. Asadi Kangarshahi, and N. Akhlaghi Amiri. 2011b. Input-output energy analysis of citrus production in Mazandaran province of Iran. African Journal of Agricultural Research 6: 2558-2564.
39. Nikkhah, A., B. Emadi, and S. Firouzi. 2015. Greenhouse gas emissions footprint of agricultural production in Guilan province of Iran. Sustainable Energy Technologies and Assessments 12: 10-14.
40. Nikkhah, A., M. Royan, M. Khojastehpour, and J. Bacenetti. 2017. Environmental impacts modeling of Iranian peach production. Renewable and Sustainable Energy Reviews 75: 677-682. https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.041
41. Nikkhah, A., B. Emadi, H. Soltanali, S. Firouzi, K. A. Rosentrater, and M. S. Allahyari. 2016. Integration of life cycle assessment and Cobb-Douglas modeling for the environmental assessment of kiwifruit in Iran. Journal of Cleaner Production 137: 843-849. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.151
42. Pahlavan, R., M. Omid, and A. Akram. 2011. Energy use efficiency in greenhouse tomato production in Iran. Energy 36: 6714-6719. https://doi.org/10.1016/j.energy.2011.10.038
43. Pahlavan, R., M. Omid, and A. Akram. 2012a. The Relationship between Energy Inputs and Crop Yield in Greenhouse Basil Production. Journal of Agricultural Science and Technology 14: 1243-1253.
44. Pahlavan, R., M. Omid, and A. Akram. 2012b. Application of Data Envelopment Analysis for Performance Assessment and Energy Efficiency Improvement Opportunities in Greenhouses Cucumber Production. Journal of Agricultural Science and Technology 14: 1465-1475.
45. Pahlavan, R., M. Omid, and A. Akram. 2012c. Energy input–output analysis and application of artificial neural networks for predicting greenhouse basil production. Energy 37: 171-176. https://doi.org/10.1016/j.energy.2011.11.055
46. Pahlavan, R., M. Omid, S. Rafiee, and S. H. Mousavi-Avval. 2012d. Optimization of energy consumption for rose production in Iran. Energy for Sustainable Development 16: 236-241. https://doi.org/10.1016/j.esd.2011.12.001
47. Pishgar-Komleh, S. H., M. Omid, and M. D. Heidari. 2013. On the study of energy use and GHG (greenhouse gas) emissions in greenhouse cucumber production in Yazd province. Energy 59: 63-71. https://doi.org/10.1016/j.energy.2013.07.037
48. Rafiee, S., S. H. Mousavi Avval, and A. Mohammadi. 2010. Modeling and sensitivity analysis of energy inputs for apple production in Iran. Energy 35: 3301-3306. https://doi.org/10.1016/j.energy.2010.04.015
49. Rajabi Hamedani, S., A. Keyhani, and R. Alimardani. 2011. Energy use patterns and econometric models of grape production in Hamadan province of Iran. Energy 36: 6345-6351. https://doi.org/10.1016/j.energy.2011.09.041
50. Royan, M., M. Khojastehpour, B. Emadi, and H. G. Mobtaker. 2012. Investigation of energy inputs for peach production using sensitivity analysis in Iran. Energy Conversion and Management 64: 441-446. https://doi.org/10.1016/j.enconman.2012.07.002
51. Salami, P., H. Ahmadi, and A. Keyhani. 2010. Energy use and economic analysis of strawberry production in Sanandaj zone of Iran. Biotechnology, Agronomy and Society and Environment 14: 653-658.
52. Salehi, M., R. Ebrahimi, A. Maleki, and H. Ghasemi Mobtaker. 2014. An assessment of energy modeling and input costs for greenhouse button mushroom production in Iran. Journal of Cleaner Production 64: 377-383. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.09.005
53. Salehi, M., A. Maleki, H. G. Mobtaker, S. Rostami, and H. Shakeri. 2016. Investigation of energy inputs and CO_2 emission for almond production using sensitivity analysis in Iran. Agricultural Engineering International: CIGR Journal 18: 158-166.
54. Shabani, Z., S. Rafiee, H. Mobli, and E. Khanalipur. 2012. Optimization in energy consumption of carnation production using data envelopment analysis (DEA). Energy Systems 3: 325-339.
55. Shabanzadeh, M., R. Esfanjari Kenari, and A. Rezaei. 2017. Investigating the energy pattern of tomato production in khorasan razavi province. Journal of Agricultural Machinery 6: 524-536. (In Persian). http://dx.doi.org/10.22067/jam.v6i2.37724
56. Soltanali, H., A. Nikkhah, and A. Rohani. 2017. Energy audit of Iranian kiwifruit production using intelligent systems. Energy 139: 646-654. https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.08.010
57. Tabatabaie, S. M. H., S. Rafiee, and A. Keyhani. 2012. Energy consumption flow and econometric models of two plum cultivars productions in Tehran province of Iran. Energy 44: 211-216. https://doi.org/10.1016/j.energy.2012.06.036
58. Tabatabaie, S. M. H., S. Rafiee, A. Keyhani, and A. Ebrahimi. 2013a. Energy and economic assessment of prune production in Tehran province of Iran. Journal of Cleaner Production 39: 280-284. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.07.052
59. Tabatabaie, S. M. H., S. Rafiee, A. Keyhani, and M. D. Heidari. 2013b. Energy use pattern and sensitivity analysis of energy inputs and input costs for pear production in Iran. Renewable Energy 51: 7-12.

https://doi.org/10.1016/j.renene.2012.08.077
60. Taghavifar, H., and A. Mardani. 2015. Prognostication of energy consumption and greenhouse gas (GHG) emissions analysis of apple production in West Azarbayjan of Iran using Artificial Neural Network. Journal of Cleaner Production 87: 159-167. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.10.054
61. Taki, M., R. Abdi, M. Akbarpour, and H. G. Mobtaker. 2013. Energy inputs - Yield relationship and sensitivity analysis for tomato greenhouse production in Iran. Agricultural Engineering International: CIGR Journal 15: 59-67.
62. Yousefi, M., F. Darijani, and A. Alipour Jahangiri. 2012. Comparing energy flow of greenhouse and open-field cucumber production systems in Iran. African Journal of Agricultural Research 7: 624-628.